16ª edición totalmente renovada y actualizada

Neufert

Arte de proyectar en arquitectura

Zoos

Generalidades 240
Tenencia de animales 241
Recintos 242

ADMINISTRACIÓN · OFICINAS

Edificios de oficinas

Organización 243
Tendencias, criterios 244
Tipología hasta 1980 245
Tipología desde 1980 246
Superficies necesarias 247
Lugares de trabajo con pantallas 248
Archivos 249
Superficies auxiliares 250
Tipologías de locales 251
Retículas 252
Accesos y evacuación 253
Instalaciones 254
Construcción 255

Torres, rascacielos

Generalidades 256
Construcción 257
Exigencias 258

Bibliotecas

Generalidades 259
Mobiliario 261
Superficies necesarias 262
Bibliotecas científicas 263
Archivo 264

Bancos

Bancos 265

COMERCIO

Tiendas

Directrices y tipologías 266
Ordenanza alemana para locales comerciales 267
Accesos y escaparates 268
Zona de cajas y vestíbulo de acceso 269
Vestíbulos de acceso, ejemplos 270
Recorrido, escaleras mecánicas 271
Mobiliario - dimensiones 272
Tiendas de comestibles 273
Autoservicios 274

INDUSTRIA · OFICIOS

Industria

Generalidades 275
Construcción de naves 277
Construcción en altura 278
Transporte 279
Tecnología del almacenamiento 280
Espacios de servicio 282
Ejemplos 285

Talleres

Ebanistería 286
Carpintería 287
Carpintería metálica 288
Talleres de reparación automóviles 289
Panadería 290
Centro cárnico 291
Otras industrias 292
Lavandería 293
Bomberos 295

ARQUITECTURA RELIGIOSA

Iglesias cristianas

Elementos litúrgicos 297
Mobiliario, sacristía 298
Campanarios 299

Sinagogas

Notas generales para el proyecto 300

Mezquitas

Notas generales para el proyecto 301

SANIDAD

Consultorios médicos

Consultorios individuales y compartidos 302
Generalidades, modulación de medidas 303

Hospitales

Proyecto 305
Ejemplos 306
Pasillos, puertas, escaleras, ascensores 307
Áreas funcionales 308
Ambulatorios 309
Centros de atención primaria, ejemplos 310
Exploración y tratamiento 311
Enfermería 317
Administración, servicios sociales 324
Abastecimiento y gestión de residuos 325
Aprovisionamiento técnico 328

DEPORTES · OCIO

Estadios

Organización 330
Graderías 331

Instalaciones deportivas

Campos de juego 332
Atletismo 335
Tenis 339
Minigolf 341
Campos de golf 343
Deportes acuáticos, puertos deportivos 345
Remo y piragüismo 351
Hípica 353
Saltos de esquí 355
Pistas de hielo 356
Pistas de patinaje sobre ruedas 357
Patinaje de velocidad sobre patines en línea 358
Skateboard 358
Ciclocross - BMX 359
Instalaciones de tiro 360

Pabellones polideportivos

Dimensiones 362
Disposición, construcción 364
Aparatos 365
Graderías 366
Ejemplos 367
Yudo 368
Lucha grecorromana 368
Halterofilia 368
Boxeo 368

EXPLICACIÓN DE LOS SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Abreviaturas y títulos de normativas alemanas

AbfBefV1	Ordenanza del transporte de residuos
ABP	Certificado general de inspección de obras
AEG	Ley General de Ferrocarriles
ArbStättR	Directrices de seguridad y salud en los lugares de trabajo
ArbStättV	Disposiciones mínimas de seguridad y salud en lugares de trabajo
BAP	Lugares de trabajo con pantallas de visualización de datos
BauGB	Código Alemán de Construcción
BeStättVO	Ordenanza sobre alojamientos turísticos
BGB	Código Civil alemán
BGF	Superficie construida
BGR	Directrices de la asociación federal de las mutuas comerciales de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales
BHKW	Planta de cogeneración
BImSchG	Ley Federal de Protección contra Inmisiones
BMZ	Volumen máximo edificable
BOStrab	Ordenanza sobre la construcción y el funcionamiento de tranvías
BP	Programa de Actuación Urbanística/Plan Parcial de Ordenación
BRI	Volumen construido
BZ	Celdas de combustible
CWVO	Ordenanza sobre terrenos de camping y casetas de fin de semana
DEHOGA	Asociación de Hostelería y Gastronomía Alemana
DIN	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)
EBO	Ordenanza sobre la construcción y el funcionamiento de ferrocarriles
EEG	Ley de energías renovables
EigZulG	Ley de la Ayuda Directa a Vivienda
EnEV	Ordenanza para el ahorro de energía calorífica
EVG	Balasto electrónico
FF	Superficie útil de locales para instalaciones
FGSV	Asociación de investigación viaria
FH	Altura de cumbrera
FNP	Plan de Ordenación del Territorio
GE	Zona comercial
GFZ	Edificabilidad
GI	Polígono industrial
GIF	Asociación de investigación del comercio inmobiliario
GRZ	Índice de ocupación
GUV	Directrices de la asociación federal de mutuas de accidentes de trabajo
HeizAnlV	Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios
HNF	Superficie útil principal
HOAI	Reglamento de tarifas de honorarios de arquitectos e ingenieros
ICAO	Organización Internacional de Aviación Civil
IndBauR	Ordenanza sobre la construcción de edificios industriales
KfW	Instituto de Crédito para la Reconstrucción
KGF	Superficie construida
Kita	Centro de educación infantil
KWK	Cogeneración
LBO	Ley Regional de Ordenación de la Edificación
LED	Light Emitting Diode (diodo lumínico)
Light	Asociación registrada Alemana de Técnicas de la Iluminación
MF-B	Directrices para el cálculo de superficies alquilables para oficinas
MF-H	Directrices para el cálculo de superficies alquilables (locales y centros comerciales)
NF	Superficie útil
NNF	Superficie útil para usos secundarios
NRI	Volumen neto del edificio
PBefG	Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres
Plan ZV	Normas generales de representación gráfica en planos urbanos
ROG	Ley del Suelo y Ordenación Urbana
ROV	Ordenanza sobre la ordenación urbana
SchBauR	Ordenanza para la construcción de edificios escolares
StVo	Código de la Circulación
StVZO	Reglamento General de Vehículos
SUV	Sports Utility Vehicle (Reglamento de vehículos)
UVV	Normativa sobre seguridad e higiene en el trabajo de las mutuas comerciales de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales
VBG	Asociación de las mutuas comerciales de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales
VBP	Plan de Edificación
VDE	Asociación de Ingenieros Electricistas Alemanes
VDI	Asociación de Ingenieros Alemanes
VF	Superficie de circulación
VkVO	Ordenanza para locales comerciales
VOB	Reglamento alemán de Contratación de Obra
VStättVO	Ordenanza Reguladora de los Usos y Condiciones de los Locales de Espectáculos y Reunión
WoFG	Ley de Apoyo del Espacio Habitable
WoFlV	Ordenanza sobre el cálculo de la superficie habitable
WSG	Ley de aguas

Abreviaturas de unidades

DIN 1301

10^{12}	10 cm 12 mm (las cifras en superíndice son milímetros)
mln	metro lineal
″	pulgada inglesa
′	pie inglés
H o h	altura
A o a	anchura
h	hora
s	superficie
min	minuto
seg. o s	segundo
12°	grado centígrado
J	energía
WS	cantidad de calor
N	fuerza
Pa	presión
2° 3′ 4″	2 grados, 3 minutos, 4 segundos
% o pC	tanto por ciento, centésima parte
‰ o pM	tanto por mil, milésima parte
Ø	diámetro
CS	canto superior
PC	canto superior del pavimento
RC	canto superior de los raíles
E	escala
/	por (p. ej., t/m = toneladas por metro)
LN	longitud nominal

Alfabeto griego

Α	α	(a)	alfa
Β	β	(b)	beta
Γ	γ	(g)	gamma
Δ	δ	(d)	delta
Ε	ε	(e)	épsilon
Ζ	ζ	(z)	zeta
Η	η	(e)	eta
Θ	θ	(th)	theta
Ι	ι	(i)	iota
Κ	κ	(k)	kappa
Λ	λ	(l)	lambda
Μ	μ	(m)	mi
Ν	ν	(n)	ni
Ξ	ξ	(x)	csi
Ο	ο	(o)	ómicron
Π	π	(p)	pi
Ρ	ρ	(r)	rho
Σ	σ	(s)	sigma
Τ	τ	(t)	tau
Υ	υ	(y)	ípsilon
Φ	φ	(ph)	fi
Χ	χ	(ch)	ji
Ψ	ψ	(pß)	psi
Ω	ω	(o)	omega

Signos matemáticos

>	mayor que
≥	mayor o igual que
<	menor que
≤	menor o igual que
Σ	suma de
∢	ángulo
sen	seno
cos	coseno
tg	tangente
ctg	cotangente
⫲	en el centro
=	igual
≡	equivalente
≠	distinto de
≠	no idéntico
≈	casi igual
c ~	congruente
~	parecido (también para repeticiones de palabras)
∞	infinito
∥	paralelo
⋕	igual y paralelo
≢	no equivalente
×	multiplicado por
/	dividido por
⊥	ángulo recto
V	volumen
ω	ángulo tridimensional
√	raíz de
∧	incremento infinito
≡	congruente
Δ	gradiente
↑↑	paralelo, en la misma dirección
↓↑	paralelo, en dirección opuesta

Cifras romanas

I =	1
II =	2
III =	3
IV =	4
V =	5
VI =	6
VII =	7
VIII =	8
IX =	9
X =	10
XV =	15
C =	100
CL =	150
CC =	200
CCC =	300
CD =	400
D =	500
DC =	600
DCC =	700
DCC =	700
DCCC =	800
CM =	900
M =	1000
MCMLX =	1960

DIN 18156/18157	Revestimientos cerámicos sobre mortero de capa fina
DIN EN 14411	Baldosas cerámicas
DIN 18558	Enlucidos poliméricos
DIN 1055	Hipótesis de carga
DIN V 18153	Bloques de hormigón
DIN V 105	Ladrillos para obra de fábrica
DIN 52129	Láminas bituminosas sin protección superficial
DIN EN 14342	Suelos de madera
DIN 18550	Enlucido
DIN EN 413	Cementos para albañilería
DIN V 4165	Ladrillos de hormigón celular
DIN 4166	Hormigón celular y placas de hormigón celular
DIN 272	Métodos de ensayo de revestimientos continuos de óxido de magnesio
DIN 4074	Clasificación de la madera según su resistencia
DIN 18159	Espumas plásticas proyectadas in situ para la construcción
DIN 18164	Espumas plásticas aislantes
DIN EN 312	Tableros de fibras
DIN 68705	Contrachapado de madera
DIN 66095	Revestimientos textiles para suelos
DIN EN 13964	Techos colgados
DIN V 18152	Ladrillos y bloques macizos de hormigón ligero
DIN 18162	Placas para tabiques de hormigón ligero
DIN EN 13162	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación
DIN EN 197	Cemento

Instalaciones deportivas y de ocio, paisajismo, arquitectura rural

DIN 33942	Zonas de juego sin barreras
DIN 18036	Instalaciones de patinaje sobre hielo
DIN 18032	Pabellones polideportivos
DIN 18034	Parques infantiles y espacios para el juego
DIN 18035	Campos deportivos
DIN 18915/18920	Vegetación en el paisajismo

Dimensionado y ejecución

DIN EN 336	Madera para estructuras
DIN EN 206	Hormigón
DIN 1052	Edificios de madera
DIN EN 13986	Tableros derivados de la madera para la construcción
DIN 18530	Construcciones de forjados macizos para cubiertas
DIN 1053	Obra de fábrica
DIN 18551	Hormigón proyectado
DIN 18800	Construcciones de acero
DIN 18801	Edificación con acero
DIN 18203	Tolerancias en la construcción
DIN 1045	Estructuras de hormigón
DIN 18807	Chapas nervadas
DIN EN 1520	Componentes prefabricados de hormigón armado de áridos ligeros con estructura abierta con armadura estructural y no estructural

Instalaciones de edificación

DIN 44576	Calefacción eléctrica
DIN V 4701	Evaluación energética de instalaciones de calefacción y ventilación
DIN 14090	Superficies en solares para los bomberos
DIN EN 1264	Suelo radiante
DIN EN 12831	Sistemas de calefacción en edificios
DIN EN 12828	Sistemas de calefacción en edificios
DIN 4721	Sistemas de canalización en materiales plásticos para suelos radiantes de agua caliente y conexión de radiadores
DIN EN 12792	Ventilación de edificios
DIN 1946	Climatización
DIN 4703	Radiadores
DIN 4725	Suelos radiantes con circuitos de agua caliente
DIN 4108	Aislamiento térmico y ahorro energético en edificios
DIN EN ISO 13370	Prestaciones térmicas de edificios. Transmisión de calor por el terreno
DIN EN 832	Comportamiento térmico de los edificios. Cálculo de las necesidades energéticas para calefacción. Edificios residenciales

Física de la construcción y medidas de protección en la edificación

DIN 18540	Impermeabilización y sellado de juntas en paredes exteriores
DIN 18545	Impermeabilización de acristalamientos con sellantes
DIN EN ISO 717	Acústica
DIN EN 12354	Acústica de la edificación
DIN 18230	Seguridad contra incendios en edificios de uso industrial
DIN EN ISO 6946	Elementos de construcción
DIN 18195	Impermeabilización de edificios
DIN 4102	Resistencia al fuego de los productos de construcción y elementos
DIN 18093	Puertas cortafuego
DIN 14094	Bomberos, escaleras de emergencia
DIN 14095	Planos de edificios para bomberos
DIN 18541	Perfiles de junta de materiales sintéticos termoplásticos para impermeabilización de juntas en hormigón in situ
DIN 68800	Protección de la madera en la edificación
DIN 18041	Acústica en pequeños y medianos espacios
DIN EN 13501	Clasificación en función de comportamiento frente al fuego de los productos y elementos constructivos
DIN 18232	Sistemas para el control de humo y de calor
DIN 18005	Acústica en el urbanismo
DIN 4844	Señalización de seguridad
DIN 18095	Puertas, puertas con características de control de humos
DIN EN ISO 7345	Aislamiento térmico
DIN 4108	Aislamiento térmico en la edificación
DIN EN ISO 10077	Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas
DIN EN ISO 10211	Puentes térmicos en la edificación
DIN EN 13187	Comportamiento térmico de los edificios
DIN EN ISO 13788	Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación
DIN EN 13829	Comportamiento térmico de los edificios
DIN V 18559	Sistemas de aislamiento térmico exterior
DIN EN 13162-13172	Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación

Interiores

DIN EN 1443	Chimeneas
DIN 18160	Chimeneas
DIN EN 1838	Iluminación
DIN 15306	Ascensores, ascensores en edificios residenciales
DIN 15309	Ascensores, ascensores en edificios no residenciales
DIN 18090/18091	Ascensores, cajas de ascensor
DIN 18255/18257	Herrajes para la construcción
DIN 5035	Iluminación artificial
DIN 18057	Ventanales de hormigón
DIN 18055	Ventanas
DIN EN 12207/08	Ventanas y puertas
DIN EN 12210	Ventanas y puertas
DIN 18056	Paredes acristaladas
DIN 18093	Puertas cortafuego
DIN 4242	Paredes de pavés
DIN EN 612	Canalones de alero
DIN 68121	Perfilería de madera para ventanas y balconeras
DIN EN 12464	Iluminación
DIN 18183	Tabiquería en seco de placas de yeso laminado
DIN 4103	Divisorias interiores no portantes
DIN 18073	Persianas, protección solar
DIN 18251	Cerrojos
DIN EN 1906	Herrajes para la edificación
DIN 5034	Luz natural en espacios interiores

Contratación

DIN 1960/1961	VOB Reglamento alemán de contratación de obra

Sistema Internacional de unidades (SI)

Es el sistema de medidas y unidades más extendido en el ámbito de las ciencias. Son unidades básicas que no pueden deducirse de ningún otro tipo de magnitud.

Cantidad	Unidad	Abreviatura	Definición	Unidades SI contenidas en la definición
1 Longitud	el metro	m	longitud de onda radiación criptón	-
2 Masa	el kilogramo	kg	prototipo internac.	-
3 Tiempo	el segundo	s	vibraciones de la radiación de cesio	-
4 Intensidad de corriente eléctrica	el amperio	A	fuerza electrodinám. dos conductores	kg, m, s
5 Temperatura	el grado kelvin	K	punto triple agua	-
6 Intensidad lumínica	la candela	cd	radiación de saturación del platino	kg, s
7 Cantidad de materia	el mol	mol	masa molecular	kg

❶ Unidades del Sistema Internacional (SI)

Símbolo	(Unidad)	Denominación
a) Aislamiento térmico		
t	(°C, K)	Temperatura
Δt	(K)	Gradiente térmico
q	(Wh)	Cantidad de calor
λ	(W/mK)	Conductividad térmica
λ'	(W/mK)	Conductividad térmica equivalente
Λ	(W/m^{2}K)	Coeficiente de conductancia térmica interna
α	(W/m^{2}K)	Coeficiente de conductancia térmica superficial
k	(W/m^{2}K)	Coeficiente de transmisión térmica total
$1/\Lambda$	(m^{2}K/W)	Coeficiente de resistencia térmica interna
$1/\alpha$	(m^{2}K/W)	Coeficiente de resistencia térmica superficial
$1/k$	(m^{2}K/W)	Coeficiente de resistencia térmica total
D'	(m^{2}K/W·cm)	Resistencia térmica lineal
c	(Wh/kgK)	Capacidad térmica específica
S	(Wh/m^{3}K)	Absorción térmica
β	(1/K)	Coeficiente de dilatación lineal
a	(mK)	Coeficiente de separación
P	(Pa)	Presión
P_o	(Pa)	Presión (parcial) de vapor
g_o	(g)	Cantidad de vapor
g_k	(g)	Cantidad de agua condensada
ν	(%)	Humedad relativa del aire
μ	(-)	Índice de resistencia a la difusión (Factor de resistencia a la difusión)
$\mu \cdot d$	(cm)	Grosor de aire equivalente
Λ_o	(g/m^{2}hPa)	Permeabilidad al vapor de agua
$1/\Lambda_o$	(m^{2}hPa/g)	Resistencia al vapor de agua
$\mu\lambda$	(W/mK)	Factor de posición
$\mu\lambda'$	(W/mK)	Factor de posición de las capas de aire
P	(€/kWh)	Precio de la energía
b) Aislamiento acústico		
λ	(m)	Longitud de onda
f	(Hz)	Frecuencia
f_{gr}	(Hz)	Frecuencia límite
f_η	(Hz)	Frecuencia de resonancia
E_{dyn}	(N/cm^2)	Módulo de elasticidad dinámica
S'	(N/cm^3)	Rigidez dinámica
R	(dB)	Aislamiento acústico (ruido aéreo) en el laboratorio
R_m	(dB)	Aislamiento acústico medio (ruido aéreo)
R'	(dB)	Aislamiento acústico bruto (ruido aéreo)
L_{SM}	(dB)	Protección frente al ruido aéreo
L_n	(dB)	Nivel de ruidos de impacto normalizado
V/M	(dB)	Mejora del revestimiento de un forjado
TSM	(dB)	Protección frente al ruido de impacto
a	(-)	Coeficiente de absorción acústica
A	(m^2)	Superficie equivalente de absorción
r	(m)	Radio de Hall
ΔL	(dB)	Disminución del ruido de impacto

❷ Símbolos físicos del Sistema Internacional (SI)

Denominación			Magnitud	Denominación			Magnitud
T	(tera)	$= 10^{12}$	(billón)	c	(centi)	= 1/100	(centésima)
G	(giga)	$= 10^{9}$	(millar)	m	(mili)	$= 10^{-3}$	(milésima)
M	(mega)	$= 10^{6}$	(millón)	µ	(micro)	$= 10^{-6}$	(millonésima)
k	(kilo)	$= 10^{3}$	(mil)	n	(nano)	$= 10^{-9}$	(milmillonésima)
h	(hecta)	= 100	(centena)	p	(pico)	$= 10^{-12}$	(billonésima)
da	(deca)	= 10	(decena)	f	(fento)	$= 10^{-15}$	(milbillonésima)
d	(deci)	= 1/10	(décimo)	a	(ato)	$= 10^{-18}$	(trillonésima)

Para designar un múltiplo o divisor solo se utiliza un prefijo

❸ Múltiplos y divisores decimales de unidades

Magnitud	Símbolo	Unidad del Sistema Internacional	Factor de conversión
Longitud	m	metro	
Superficie	m^2	metro cuadrado	
Volumen	m^3	metro cúbico	
Masa	kg	kilogramo	
Fuerza	N	newton = 1 kg m/s^2	9,8
Presión	Pa	pascal = 1 N/m^2	133,3
	Pa		
	bar	bar = 100.000 Pa = 100.000 N/m	0,98
Temperatura	°C	grado centígrado	
	K	grado Kelvin*	1
Trabajo	-		10
(energía,	Ws, J	watio/segundo = julio	4.186
cantidad	Nm		
de calor)	Wh	watio/hora = 3,6 KJ	1,163
	kWh	kilowatio/hora = 103 Wh = 3,6 MJ	1,163
Potencia	W	watio	736
(flujo energ.			
flujo térmico)	W	watio	1,163

* Prescrito a partir de 1975

❹ Conversión de unidades

1 m · m = 1 m^2 1 m · 1 s^{-1} = 1 m s^{-1} (= 1 m/s)
1 m · 1 s^{-2} = 1 m s^{-2} (= 1 m/s^2)
1 kg · 1 m · 1 s^{-2} = 1 kg m s^{-2} (= 1 kg m/s^{-2})
1 kg · 1 m^{-3} = 1 kg m^{-3} (= 1 kg/m^3)
1 m · 1 m · 1 s^{-1} = 1 m^2 s^{-1} (= 1 m^2/s)

❺ "Unidades secundarias" derivadas de las unidades básicas del SI

culombio	1 C	= 1 As	ohmio	1 Ω	= 1 V/A
faradio	1 F	= 1 As/V	pascal	1 Pa	= 1 N/m^2
henrio	1 H	= 1 Vs/A	siemens	1 S	= 1/Ω
hercio	1 Hz	= 1 s^{-1} = (1/s)	tesla	1 T	= 1 Wb/m^2
julio	1 J	= 1 Nm = 1 Ws	voltio	1 V	= 1 W/A
lumen	1 lm	= 1 cd sr	watio	1 W	= 1 J/s
lux	1 tx	= 1 lm/m^2	wéber	1 Wb	= 1 Vs
newton	1 N	= 1 kg m/s^2			

El watio puede indicarse como voltamperio (VA) para describir la potencia eléctrica aparente y como var (ver) describir la potencia eléctrica ciega; el wéber también puede indicarse como segundo entero (Vs)

❻ Denominación y símbolo de las unidades secundarias del Sistema Internacional

1 N 2 1 s 2 1 m^2 = 1 Nsm^2 1 A 2 1 s = 1 As = 1 C
1 rad 2 1 s^2 = 1 rad s^1 (= 1 rad/s) 1 As/V = 1 C/V = 1 F

❼ Unidades obtenidas a partir de las unidades básicas y secundarias del SI

Resistencia térmica	$1/\Lambda$	= 1 m^{2}h K/kcal	= 0,8598 m^{2}K/W
Conductividad térmica	λ	= 1 kcal/m h K	= 1,163 W/m K
Transmisión térmica	k	= 1 kcal/m^{2}h K	= 1,163 W/m^{2}K
Conductancia térmica	α	= 1 kcal/m^{2}h K	= 1,163 W/m^{2}K
Desidad específica		= 1 kg/m^3	= 1 kg/m^3
Densidad del cálculo		= 1 kp/m^3	= 0,01 kN/m^3
Presión		= 1 kp/cm^2	= 0,1 N/mm^2

❽ Factores de conversión de las unidades tradicionales a las del SI

Unidades básicas de la construcción

La incorporación, por ley, de las unidades del Sistema Internacional se realizó de manera escalonada entre 1974 y 1977. A partir del 1 de enero de 1978 entró en vigor el sistema internacional de medidas con unidades del SI (SI = Sistema Internacional de Unidades).

Magnitud		Unidades del SI		Unidad legal		Unidad tradicional		Conversión
	Símbolo	Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo	
Ángulo plano	α, β, γ	radián	rad					1 rad = 1 m/m = 57,296° = 63,662 gon
				ángulo completo	pla			1 pla = 2 π rad
						ángulo recto	L	$1^{L} = 1/4pla = (\pi/2)$ rad
				grado	°	ángulo tradicional		$1° = 1^{L}/90 = 1\ pla/360 = \pi/180$ rad
				minuto	″			1″ = 1°/60
				segundo	′			1′ = 1″/60= 1°/3.600
				gon	gon	ángulo nuevo	9	$1\ gon = 1\ q = 1^{L}/100 = 1\ pla/400 = = \pi/200$ rad
						minuto nuevo	a	$1\ c = 10^{-2}$ gon
						segundo nuevo	cc	$1\ cc = (10^{-2})\ c = 10^{-4}$ gon
Longitud	*l*	metro	m	micrométro	µm	pulgada (inch)	in	1 in = 25,4 mm
				milímetro	mm	pie (*foot*)	ft	1 ft = 30,48 cm
				centímetro	cm	fanton (*fathom*)	fathom	1 fathom = 1,8288 m
				decímetro	dm	milla (*mile*)	mil	1 mil = 1.609,344 m
				kilómetro	km	milla náutica	sm	1sm = 1,852 km
Superficie,	A, q	metro cuadrado	m^2					
superficie de solares				área	a			$1\ a = 10^2\ m^2$
				hectárea	ha			$1\ ha = 10^4\ m^2$
Volumen	V	metro cúbico	m^3	litro				$1\ l = 1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$
						metro cúbico normalizado	Nm^3	$1\ Nm^3 = 1\ m^3$ en estado normal
Volumen nominal	V_n				l		cbm	$1cbm = 1\ m^3$
Tiempo duración	t	segundo	s					
				minuto	min			1 min = 60 s
				hora	h			1 h = 60 min = 3.600 s
				día	d			1 d = 24 h = 86.400 s
				año	a			$1\ a = 8.765,8\ h = 31,557 \cdot 10^6$ s
Frecuencia valor de recurrencia del período	f	hercio	Hz					1 Hz = 1/s, dando las frecuencias en las ecuaciones
Frec. circular	ω	segundo inverso	1/s					$\omega = 2 \times f$
Velocidad angular	ω	radián por segundo	rad/s					$\omega = 2 \times n$
Revoluciones, velocidad de giro	n	segundo inverso	1/s	revol. por seg.	r/s	revol. por seg.	U/s	1/s = t/s = U/s
				revol. por min	r/min	revol. por min	U/min	
Velocidad	v	metro por segundo	m/s	kilómetro por hora	km/h			1 m/s = 3,6 km/h
						nudo	kn	1 kn = 1 sm/h = 1,852 hm/h
Aceleración de la gravedad	q	metro por segundo al cuadrado	m/s^2			gal	gal	$1\ gal = 1\ cm/s^2 = 10^{-2} m/s^2$
Masa: Peso (como resultado de una pesada)	m	kilogramo	kg					
				gramo	g			$1g = 10^{-3}$ kg
				tonelada	t			$1\ t = 1\ Mg = 10^3$ kg
						libra inglesa	pd	1 pd = 0,45359237 kg
						libra alemana	pf	1 pf = 0,5 kg
						quintal	ztr	1 ztr = 50 kg
						quintal métrico	dz	1 dz = 100 kg
Fuerza	F	newton	N					$1\ N = 1\ kg/m/s^2 = 1\ Ws/m = 1\ J/m$
fuerza de un peso	G							
						dina	dyn	$1\ dyn = 1\ g\ cm/s^2 = 10^{-5}$ N
						pondio	p	$1\ p = 9,80665 \cdot 10^{-3}$ N
						kilopondio	kp	1 kp = 9,80665 N
						megapondio	Mp	1 Mp = 9.806,65 N
						kg-fuerza	kg	1 kg = 9,80665 N
						tonelada-fuerza	t	1 t = 9.806,65 N
Tensión mecánica, resistencia	σ	newton por metro cuadrado	N/m^2	newton por milímetro cuadrado	N/mm^2		kp/cm^2	$1\ kp/cm^2 = 0,0980665\ N/mm^2$
							kp/mm	$1\ kp/mm^2 = 9,80665\ N/mm^2$
Trab., energía	W, E	julio	J					$1\ J = 1\ Nm = 1\ Ws = 10^7$ erg
				kilowatio-hora	kWh			$1\ kWh = 3,6 \cdot 10^6\ J = 3,6$ MJ
						HP-hora	HPh	$1\ HPh = 2,64780 \cdot 10^6$ J
						erg	erg	$1\ erg = 10^{-7}$ J
Cant. de calor	Q	julio	J			caloría	cal	$1\ cal = 4,1888\ J = 1,163 \cdot 10^{-3}$ Wh
Mom. de giro,	M	newtómetro	Nm			kilopondímetro	kpm	1 kp m = 9,80665 J
Mom. torsor	M_b	o julio	J					
Eficacia, intens. energética	P	watio	W					$1\ W = 1\ J/s = 1\ N\ m/s = 1\ kg\ m^2/s^3$
						caballo de vapor	HP	1 HP = 0,73549675 kW
Temperatura Termodinámica	T	kelvin	K			grado kelvin	°K	1 °K = 1 K
						grado Rankine	°R,°Rk	1 °R = 5/9 K
Temp. Celsius	θ			grado Celsius	°C			$\theta = T - T_0 T_0 = 273,15$ K
Gradiente de temp. y diferencia de temp.	$\Delta\theta$		K		°C	grado	grd	$\Delta\theta = \Delta T$, donde: 1 K = 1 °C = 1 grd en ecuaciones se ha de emplear:
Temp. Fahrenheit	θ_F					grado Fahrenheit	°F	$\theta_F = 9/5\ \theta + 32 = 9/5\ T - 459,67$
Temp. Reaumur	θ_R					grado Reaumur	°R	$\theta_R = 4/5\ \theta$, 1 °R = 5/4 °C

❶ Unidades del SI y unidades legales (extracto para la construcción)

DIBUJOS

SIMBOLOGÍA EMPLEADA EN LOS PLANOS DE ARQUITECTURA SEGÚN DIN 1356

a) Sup. suelos
b) Sup. techos } sin descontar los huecos
c) Sup. paredes
d) Sup. ventanas } En m² con 2 decimales
e) Sup. puertas
f) Tipos de pavimento
g) Tipo de pintura o revestimiento de las paredes
h) Tipo de pintura o revestimiento de los techos

① Datos y especificaciones exigibles

	Techos	Paredes		
Pintura a la cal	Tc	Pc	Azulejos	– Az
Pintura a la cola (temple)	Tt	Pt	Madera	Tm Pm
Pintura mineral	Tm	Pm	Ladrillo	– Pl
Pintura al óleo	To	Wo	Moqueta	Tmo Tmo
Pintura a la cera	Tce	Pce.	etc.	

Persianas articuladas PA
Persianas enrollables PE } En puertas y ventanas después de la indicación D, S, etc.
Persianas de ballesta PB

② Abreviaturas para especificar los tipos de pintura y revestimiento en suelos (S) y paredes (P)

1) Solados	Ss	Gres	Srgr
Asfalto	Ssa	Cerámica	Srce
Yeso	Ssy	etc.	
Xilolita	Ssx	3) Aplacados	Sa
Terrazo	Sst	Madera	Sam
Cemento	Ssc	Granito o sienita	Sag
etc.		Escoria	Saa
2) Revestimiento	Sr	Ladrillos	Sal
Caucho	Src	etc.	
Ladrillo	Srl	4) Madera	Sm
Linóleo	Srl	Tablas madera blanca	Smb
Losetas asfálticas	Srla	Lamas de haya	Smh
Losetas granito	Srlg	Lamas de roble	Smr
Losetas piedra caliza	Srlc	Lamas de pino	Smp
Losetas piedra artificial	Srlp	Lamas de pino tadea	Smt
Losetas mármol	Srlm	Parqué de roble	Smpr
Losetas pied. arenisca	Srlr	Parqué de haya	Smph
Losetas esquisto litográf.	Srle	etc.	
Losetas xilolita	Srlx		

③ Abreviaturas para especificar tipos de sueldo (S)

rojo				Vapor
rojo	blanco	rojo		Vapor a. t.
rojo	verde	rojo		Vapor escape
verde				Agua potable
verde	blanco	verde		Agua caliente
verde	amarill.	verde		Agua condensada
verde	rojo	verde		Agua a presión
verde	naranja	verde		Agua salada
verde	negro	verde		Agua uso industrial
verde	negro.	verde	negro.	verde
				Agua residual
verde				Tuberías de minas
azul				Aire
azul	blanco	azul		Aire caliente
azul	rojo	azul		Aire a presión
azul	negro	azul		Polvo de carbón
amari.				Gas de hornos depurado
amari.	negro	amari.		Gas hornos bruto
braun	amarill.	marr.		Gasóleo
braun	negro	marr.		Creosota
braun	rojo	marr.		Gasolina

amarill.	azul	amarill.			Gas
amarill.	rojo	amarill.			Gas ciudad/alumb.
amarill.	verde	amarill.			Vapor de agua
amarill.	gris	amarill.			Gas de gasoil
amarill.	blanco	amarill.	blanco	amarill.	
					Acetileno
amarill.	negro	amarill.	negro	amarill.	
					Anhídrido carbónico
amarill.	azul	amarill.	azul	amarill.	
					Oxígeno
amarill.	rojo	amarill.	rojo	amarill.	
					Hidrógeno
amarill.	verde	amarill.	verde	amarill.	
					Nitrógeno
amarill.	lila	amarill.	lila	amarill.	
					Amoníaco
naranja					Ácidos
naranja	rojo	naranja			Ácidos concentr.
lila					Lejía
lila	rojo	lila			Lejía concentrada
marr.					Aceite
marr.	blanco	marr.			Benceno
negro					Alquitrán
gris					Vacío

④ Colores para representar tuberías según DIN 2403

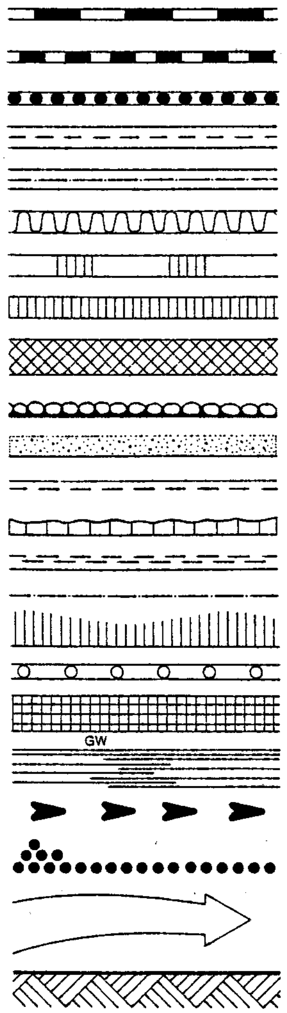
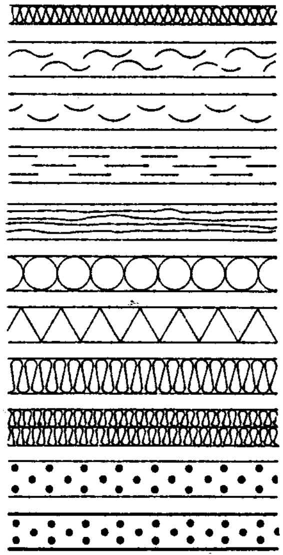


Lámina impermeable
Barrera de vapor
Lámina termoplástica de material sintético
Papel engrasado
Lámina impermeable con relleno de tela
Lámina impermeable con relleno de láminas metálicas
Capa de nivelación encolada puntualmente
Capa de nivelación encolada
Masilla
Capa de cantos rodados
Capa de arena
Imprimación previa
Arcilla impermeabilizante
Pintura impermeable (p. ej., dos manos)
Imprimación impermeable sobre revoque
Impregnación
Fieltro impermeable
Capa de drenaje (material sintético)
Agua estancada
Escorrentía de agua en la superficie
Salida de humedad, moho, manchas, etc.
Entrada de humedad
Tierras compactas

⑤ Símbolos de impermeabilización según DIN 18195, para agua de baja presión



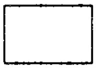
Capa de aislamiento térmico y acústico
Aislante de lana mineral
Aislante de fibra de vidrio
Aislante de fibra de madera
Aislante de fibra de turba
Espuma expandida
Corcho
Plancha de virutas de madera y magnesita
Planchas de virutas de madera y cemento
Placas de yeso
Placas de cartón yeso

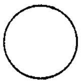
⑥ Aislamiento

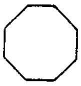
DIBUJOS

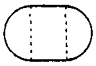
SIMBOLOGÍA EMPLEADA EN LOS PLANOS

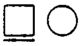
Comedor

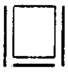

Mesa
85 × 85 × 78 = 4 pers.
130 × 80 × 78 = 6 pers.

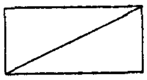

Mesa redonda
Ø 90 = 6 pers.

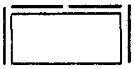

Mesa poligonal 70-100

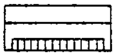

Mesa plegable 120 × 180

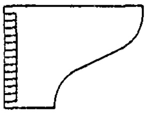

Silla/taburete Ø 45 × 50

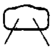

Sillón 70 × 85

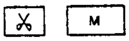

Cama turca 95 × 195


Sofá 80 × 175

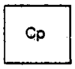

Piano 60 × 140-160


Piano de cola
de apoyo 155 × 114
de salón 200 × 150
de concierto 275 × 160

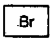

Televisor



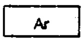
Mesa de corte 50/50-70
Máquina de coser 50 × 90



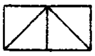
Cambiador de pañales 80 × 90



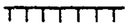
Baúl de ropa 40 × 60

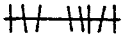


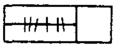
Arcón 40 × 100-150

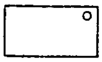

Armario 60 × 120

Guardarropa

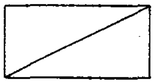

Separación colgadores
15-20 cm

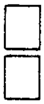

Guardarropa

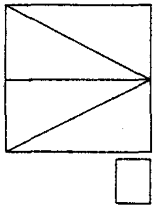

Armario/ropa para lavar
50 × 100-180


Escritorio
70 × 130 × 78
80 × 150 × 78

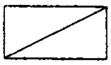
Dormitorio

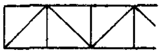

Cama 100 × 200


Mesita de noche
50 × 70, 60 × 70

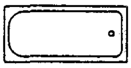

Cama doble
100 × 200

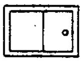
Cama de matrimonio
145 × 200

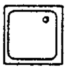

Cama infantil
70 × 140-170


Armario ropero
60 × 120

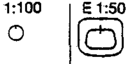
Baño

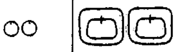

Bañera
75 × 170, 85 × 185

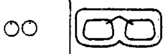

Bañera de asiento
70 × 105, 70 × 125

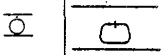

Ducha
80 × 80, 90 × 90, 75 × 90

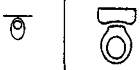
Representación para
E 1:100 | E 1:50

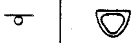

Lavabo
50 × 60, 60 × 70

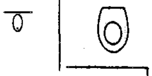

Dos lavabos

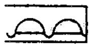

Lavabo doble
60 × 120, 60 × 140


Lavabo empotrado
45 × 30

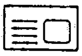

Inodoro
38 × 70

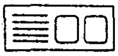

Urinario
35 × 30

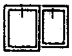

Bidé
38 × 60


Urinario de pared

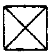
Cocina

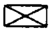

Fregadero
60 × 100


Fregadero doble
60 × 150


Lavadero escalonado

Vertedero


Armario de pared/
Armario bajo


Armario alto

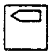
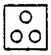
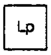
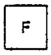


Tabla de planchar

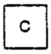

Cocina eléctrica



Lavaplatos

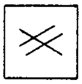


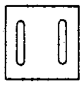
Frigorífico

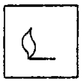


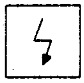
Congelador

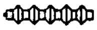
Hornos y fogones

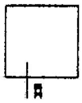

Combustibles sólidos

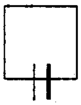

Gasoil

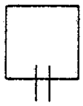

Gas

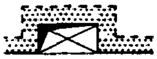

Electricidad

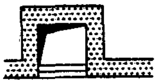

Radiador

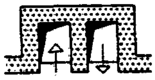

Caldera

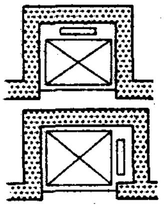

Caldera de gas


Caldera de gasoil


Triturador de basuras


Conducto de
eliminación de basuras

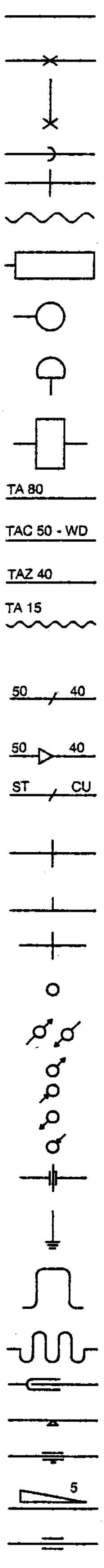

Conducto de entrada
y salida de aire


AE = Ascensor para enfermos
MC = Montacargas
AP = Ascensor de personas
MP = Montaplatos
AH = Ascensor hidráulico

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
BIBLIOTECA

DIBUJOS

SÍMBOLOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA



Tubería de agua

Llave de paso regulable o llave de cierre

Derivación

Conexión desmontable

Conexión fija

Manguera

Aparato sin elementos de giro

Aparato con elementos de giro

Indicador o contador

Indicador o contador dentro de la tubería

Tubería de agua potable fría, por ejemplo DN 80

Tubería de agua potable caliente (C), p. ej., DN 50

Tubería de agua potable, circulación (Z), p. ej., DN 40

Manguera de agua potable fría, p. ej., DN 15

Tubería con cambio de diámetro, p. ej., de DN 50 a DN 40

Como 15 pero con cono de reducción

Cambio de material en una conducción, p. ej., de acero a cobre

Cruce de dos tuberías sin conexión

Derivación en T

Derivación en cruz

Bajante

a) Pasante
b) Punto inicio continua hacia arriba
c) Viene de abajo
d) Punto inicio continua hacia abajo
e) Viene de arriba finalización

Junta dieléctrica

Toma a tierra

Curva de dilatación

Compensación longitudinal, compensador ondulado

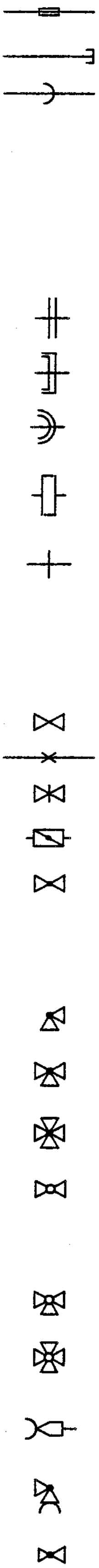
Compensador encajado

Fijación

Fijación deslizante

Pendiente, por ejemplo, del 5 %

Pasamuros con tubo de protección



Pasamuros con tubo de protección sellado

Tapón

Conexión desmontable genérica

El tipo de conexión puede simplificarse con abreviaturas

R	Rosca
R-DI	Rosca derecha-izquierda
B	Brida
AC	Acoplamiento
M	Manguito
MZ	Mordaza

Brida

Rosca

Manguito

Acoplamiento

Conexión fija genérica

El tipo de conexión puede simplificarse con abreviaturas

SA	Soldadura autógena
S	Soldadura
P	Pegado
AR	A rosca
M	Manguito
P A	presión

Llave de paso

Llave de paso con pasador

Llave de paso con válvula

Válvula de paso

El tipo de conexión puede simplificarse con abreviaturas

D	Derecha
O	Oblicua
RG	Regulable
E	Empotrada

Válvula de esquina

Válvula en T

Válvula en cruce

Grifo

El tipo de conexión puede simplificarse con abreviaturas

N	Normal
B	de bola

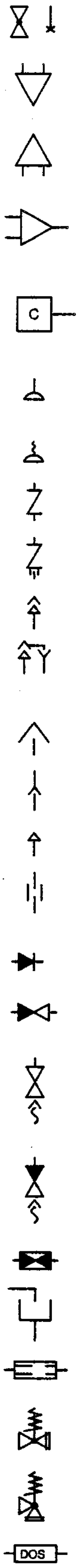
Grifo en T

Grifo en cruce

Collar para taladrar (por ejemplo, lateralmente)

Collar para montar válvula (por ejemplo, arriba)

Regulador de presión



Llave de paso con grifo de vaciado

Grifo de agua fría y caliente en pared

Grifo de agua fría y caliente

Mezclador

Cisterna para inodoro

Ducha fija

Ducha con manguera

Grifo de cierre automático

Elemento a presión para limpieza de inodoros

Aparato de absorción y evacuación de aire en una tubería ventilada

Aparato de absorción y evacuación de aire en una tubería ventilada con desagüe

Aparato de absorción de aire en una tubería ventilada

Aparato de absorción de aire en una tubería ventilada con flujo de corriente

Aparato de evacuación de aire en una tubería ventilada

Pieza de interrupción

Dispositivo contra el reflujo

Válvula de paso con dispositivo contra el reflujo

Grifo con ventilación y rosca para manguera

Grifo con ventilación, rosca para manguera y dispositivo contra el reflujo

Dispositivo de seguridad contra ruptura de tubería o de manguera

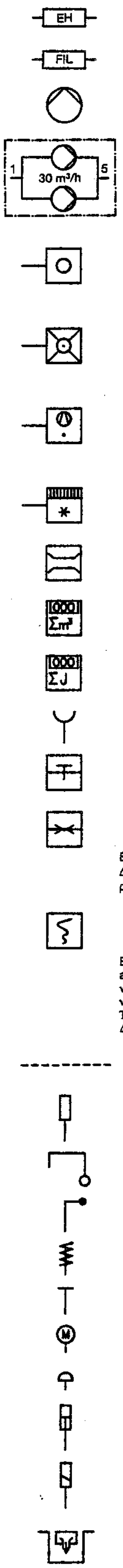
Tubería abierta

Separador

Válvula de seguridad con muelle

Válvula de seguridad de esquina con muelle

Aparato de dosificación



Sistema de descalcificación y desalación

Filtro

Bomba

Grupo de elevación de presión

Lavadora

Lavavajillas

Secadora

Aparato de aire acondicionado

Contador del caudal de agua

Contador del volumen de agua

Contador de agua caliente

Conexión de contador

Termómetro

Manómetro

Especificaciones adicionales:
Δp Ind. de las dif. de presión
pᵢ Indicador periódico

Impresora

Especificaciones adicionales:

v	Caudal
v	Volumen
T	Temperatura
Δp	Diferencia de presión

Tubería de mando

Accionamiento hidráulico

Accionamiento por flotador

Accionamiento por peso

Accionamiento por resorte

Accionamiento manual

Accionamiento eléctrico

Accionamiento con membrana

Accionamiento con émbolo

Accionamiento electromagnético

Contenedor sin presión, abierto, con desagüe

MEDIDAS Y PESOS

CONVERSIÓN DE PIES Y PULGADAS A mm

Pulgadas (″)	1/16	1/12	1/8	1/6	3/16	1/4	5/16	1/3	3/8	5/12	7/16	1/2
mm	1,59	2,12	3,18	4,23	4,76	6,35	7,94	8,47	9,52	10,58	11,11	12,7
Pulgadas (″)	9/16	7/12	5/8	2/3	11/16	3/4	13/16	5/6	7/8	11/12	15/16	1
mm	14,29	14,82	15,87	16,93	17,46	19,05	20,64	21,17	22,22	23,28	23,81	25,4

Pies y pulgadas inglesas - milímetros
1 pie = 304,79973 mm

Pies	pulgad.	0″	1″	2″	3″	4″	5″	6″	7″	8″	9″	10″	11″	12″
0	0	0	25,4	51	76	102	127	152	178	203	229	254	279	305
1	12	305	330	356	381	406	432	457	483	508	533	559	584	610
2	24	610	635	660	686	711	737	762	787	813	838	864	889	914
3	36	914	940	965	991	1.016	1.041	1.067	1.092	1.118	1.143	1.168	1.194	1.219
4	48	1.219	1.245	1.270	1.295	1.321	1.346	1.372	1.397	1.422	1.448	1.473	1.499	1.524
5	60	1.524	1.549	1.575	1.600	1.626	1.651	1.676	1.702	1.727	1.753	1.778	1.803	1.829
6	72	1.829	1.854	1.880	1.905	1.930	1.956	1.981	2.007	2.032	2.057	2.083	2.108	2.134
7	84	2.134	2.159	2.184	2.210	2.235	2.261	2.286	2.311	2.337	2.362	2.388	2.413	2.438
8	96	2.438	2.464	2.489	2.515	2.540	2.565	2.591	2.616	2.642	2.667	2.692	2.718	2.743
9	108	2.743	2.769	2.794	2.819	2.845	2.870	2.896	2.921	2.946	2.972	2.997	3.023	3.048
10	120	3.048	3.073	3.099	3.124	3.150	3.175	3.200	3.226	3.251	3.277	3.302	3.327	3.353
11	132	3.353	3.378	3.404	3.429	3.454	3.480	3.505	3.531	3.556	3.581	3.607	3.632	3.658
12	144	3.658	3.683	3.708	3.734	3.759	3.785	3.810	3.835	3.861	3.886	3.912	3.937	3.962
13	156	3.962	3.988	4.013	4.039	4.064	4.089	4.115	4.140	4.166	4.191	4.216	4.242	4.267
14	168	4.267	4.293	4.318	4.343	4.369	4.394	4.420	4.445	4.470	4.496	4.521	4.547	4.572
15	180	4.572	4.597	4.623	4.648	4.674	4.699	4.724	4.750	4.775	4.801	4.826	4.851	4.877
16	192	4.877	4.902	4.928	4.953	4.978	5.004	5.029	5.055	5.080	5.105	5.131	5.156	5.182
17	204	5.182	5.207	5.232	5.258	5.283	5.309	5.334	5.359	5.385	5.410	5.436	5.461	5.486
18	216	5.486	5.512	5.537	5.563	5.588	5.613	5.639	5.664	5.690	5.715	5.740	5.766	5.791
19	228	5.791	5.817	5.842	5.867	5.893	5.918	5.944	5.969	5.994	6.020	6.045	6.071	6.096
20	240	6.096	6.121	6.147	6.172	6.198	6.223	6.248	6.274	6.299	6.325	6.350	6.375	6.401
21	252	6.401	6.426	6.452	6.477	6.502	6.528	6.553	6.579	6.604	6.629	6.655	6.680	6.706
22	264	6.706	6.731	6.756	6.782	6.807	6.833	6.858	6.883	6.909	6.934	6.960	6.985	7.010
23	276	7.010	7.036	7.061	7.087	7.112	7.137	7.163	7.188	7.214	7.239	7.264	7.290	7.315
24	288	7.315	7.341	7.366	7.391	7.417	7.442	7.467	7.493	7.518	7.545	7.569	7.594	7.620
25	300	7.620	7.645	7.671	7.696	7.722	7.747	7.772	7.798	7.823	7.849	7.874	7.899	7.925
26	312	7.925	7.950	7.975	8.001	8.026	8.052	8.077	8.102	8.128	8.153	8.179	8.204	8.230
27	324	8.230	8.255	8.280	8.306	8.332	8.357	8.382	8.408	8.433	8.458	8.484	8.509	8.534
28	336	8.534	8.559	8.585	8.610	8.636	8.661	8.686	8.712	8.737	8.763	8.788	8.814	8.839
29	348	8.839	8.864	8.890	8.915	8.941	8.966	8.991	9.017	9.042	9.068	9.093	9.118	9.144
30	360	9.144	9.169	9.195	9.220	9.246	9.271	9.296	9.322	9.347	9.373	9.398	9.423	9.449
31	372	9.449	9.474	9.500	9.525	9.551	9.576	9.601	9.627	9.652	9.677	9.703	9.728	9.753
32	384	9.754	9.779	9.804	9.830	9.855	9.881	9.906	9.931	9.957	9.982	10.008	10.033	10.058
33	396	10.058	10.083	10.109	10.134	10.160	10.185	10.210	10.236	10.261	10.287	10.312	10.337	10.363
34	408	10.363	10.388	10.414	10.439	10.465	10.490	10.515	10.541	10.566	10.592	10.617	10.642	10.668
35	420	10.668	10.693	10.719	10.744	10.770	10.795	10.820	10.846	10.871	10.897	10.922	10.947	10.973
36	432	10.973	10.998	11.024	11.049	11.075	11.100	11.125	11.151	11.176	11.202	11.227	11.252	11.278
37	444	11.278	11.303	11.328	11.354	11.379	11.405	11.430	11.455	11.481	11.506	11.532	11.557	11.582
38	456	11.582	11.607	11.633	11.658	11.684	11.709	11.734	11.760	11.785	11.811	11.836	11.861	11.887
39	468	11.887	11.912	11.938	11.963	11.989	12.014	12.039	12.065	12.090	12.116	12.141	12.166	12.192
40	480	12.192	12.217	12.243	12.268	12.294	12.319	12.344	12.370	12.395	12.421	12.446	12.471	12.497
41	492	12.497	12.522	12.548	12.573	12.598	12.624	12.649	12.675	12.700	12.725	12.751	12.776	12.802
42	504	12.802	12.827	12.852	12.878	12.903	12.929	12.954	12.979	13.005	13.030	13.056	13.081	13.106
43	516	13.106	13.132	13.157	13.183	13.208	13.233	13.259	13.284	13.310	13.335	13.360	13.386	13.411
44	528	13.411	13.437	13.462	13.487	13.513	13.538	13.564	13.589	13.614	13.640	13.665	13.691	13.716
45	540	13.716	13.741	13.767	13.792	13.818	13.843	13.868	13.894	13.919	13.945	13.970	13.995	14.021
46	552	14.021	14.046	14.072	14.097	14.122	14.148	14.173	14.199	14.224	14.249	14.275	14.300	14.326
47	564	14.326	14.351	14.376	14.402	14.427	14.453	14.478	14.503	14.529	14.554	14.580	14.605	14.630
48	576	14.630	14.656	14.681	14.707	14.732	14.757	14.783	14.808	14.834	14.859	14.884	14.910	14.935
49	588	14.935	14.961	14.986	15.011	15.037	15.062	15.088	15.113	15.138	15.164	15.189	15.215	15.240
50	600	15.240	15.265	15.291	15.316	15.342	15.367	15.392	15.418	15.443	15.469	15.494	15.519	15.545
51	612	15.545	15.570	15.596	15.621	15.646	15.672	15.697	15.723	15.748	15.773	15.799	15.824	15.850
52	624	15.850	15.875	15.900	15.926	15.951	15.977	16.002	16.027	16.053	16.078	16.104	16.129	16.154
53	636	16.154	16.180	16.205	16.231	16.256	16.281	16.307	16.332	16.358	16.383	16.408	16.434	16.459
54	648	16.459	16.485	16.510	16.535	16.561	16.586	16.612	16.637	16.662	16.688	16.713	16.739	16.764
Pies	pulgad.	0″	1″	2″	3″	4″	5″	6″	7″	8″	9″	10″	11″	12″

Hipótesis de carga según DIN 1055

Nº	Elemento	Valor de cálculo kN/m^3	Ángulo de rozamiento
13	Cal; cal endurecida hidráulicamente (cal hidráulica, cal altamente hidráulica)		
	cocida, en trozos	13	45°
	cocida, molida	13	25°
	cocida, apagada	11	25°
14	Polvo calizo	13	27°
15	Ceniza aérea	10	25°
16	Ceniza siderúrgica	7,5	25°
17	Grava y arena, seca o humedecida, en caso de vertido húmedo (sin agua) el valor de cálculo se ha de aumentar en 2 kN/m^3	18	35°
18	Materiales sintéticos		
	a) Polietileno, poliesterol granulados	6,5	30°
	b) Polivinilo de cloruro en polvo	6	40°
	c) Resinas de poliéster	12	-
	d) Colas de resina	13	-
19	Magnesita (magnesio cáustico calcinado)	12	25°
20	Lava espumosa, quebrada humedecida)	10	35°
21	Trass, molido	15	25°
22	Cemento, molido	16	28°
	cemento clinker	18	36°
23	Arena de ladrillo, cascotes de ladrillo, humedecidos	15	35°

[3] Observaciones: Para más datos sobre suelos no cohesivos (grava, arena, cantos rodados, etc.), cohesivos y orgánicos (marga, arcillas, turbas) véase la norma DIN 1055 parte 2ª. "Hipótesis de carga en la edificación: características del suelo, pesos, ángulos de rozamiento, cohesión, ángulos de rozamiento interno"

[4] Observación: Valor máximo, que no se supera en la práctica

Nº	Elemento	Valor de cálculo kN/m^3
	2 Metales	
1	Aluminio	27
2	Aleacines de alumino	28
3	Plomo	114
4	Bronce	85
5	Hierro fundido	72,5
6	Cobre	89
7	Magnesio	18,5
8	Latón	85
9	Níquell	89
10	Acero y hierro dulce	78,5
11	Cinc	
	fundido	69
	laminado	72
12	Estaño laminado	74

3 Madera y elementos de madera

(Protegida contra inclemencias climatológicas y contra la humedad). En el peso indicado está comprendido el suplemento correspondiente para pequeñas piezas de acero, madera dura y pintura o imprimación. El peso de los elementos de acero que trabaja a tracción, piezas de unión, apoyos y soportes se han de sumar al valor expresado

Nº	Elemento	Valor de cálculo kN/m^3
1	Madera de coníferas, en general	4 V 6[4]
2	Madera contrachapada	4 V 5
3	Madera de fronda	6 V 8
4	Madera de ultramar	necesario certificado
5	Tableros aglomerados según DIN 68761 y DIN 68763	5 V 7,5
6	Tableros chapados s. DIN 68705 P. 3ª	4,5 V 8
7	Tableros de carpintero s. DIN 68705 P 4ª	4,5 V 6,5
8	Tableros de fibra de madera dura HFH según DIN 68754 P. 1ª	9 V 11
9	Tableros de fibras madera semidura HFM según DIN 68754 P. 1ª	6 V 8,5
10	Tableros blandos según DIN 68750	2,5 V 4

4 Hormigón y mortero

4.1 Hormigón

Los valores de cálculo son válidos también para elementos prefabricados de hormigón. En el caso de hormigón fresco los valores deben aumentarse generalmente en 1 kN/m^3. Cuando el peso propio de hormigón y hormigón armado pueda diferir de los valores indicados, por diversas razones (p. ej., aditivos especiales ligeros o pesado, o por una cuantía de acero elevada en el hormigón armado) éste debe determinarse mediante probetas, siempre y cuando la diferencia influya considerablemente sobre la estabilidad de la obra. Los efectos sobre el encofrado no son contemplados en esta norma.

4.1.1 Hormigón gaseoso según DIN 4223

Densidad (g/cm^3)	Valor de cálculo kN/m^3
0,5	6,2
0,6	7,2
0,7	8,4
0,8	9,5

4.1.2 Hormigón ligero según las "Directrices de hormigón ligero y hormigón ligero armado con juntas cerradas"[7]

Densidad (g/cm^3)	Valor de cálculo kN/m^3
1	10,5
1,2	12,5
1,4	14,5
1,6	16,5
1,8	18,5
2	20,5

4.1.3 Hormigón ligero armado s. "Directrices de hormigón ligero y hormigón ligero armado con juntas, cerradas"[7]

Densidad (g/cm^3)	Valor de cálculo kN/m^3
1	11,5
1,2	13,5
1,4	15,5
1,6	17,5
1,8	19,5
2	21,5

4.1.4 Hormigón normal con juntas cerradas según DIN 1045 (Densidad de la grava 2,7 g/cm^3)

hasta B 10 (Bn 100)	23
a partir de B 15 (Bn 150)	24

4.1.5 Hormigón normal con juntas cerradas según DIN 1045

a partir de B 15 (Bn 150)	25

4.1.6 Hormigón ligero con aditivos de virutas (Hormigón pretensado con virutas de madera)[9]

Densidad (g/cm^3)	Valor de cálculo kN/m^3
0,4	5
0,5	6
0,6	7
0,7	8

Se admite una interpolación lineal

4.1.7 Hormigón ligero con juntas porosas según DIN 4232

Densidad (g/cm^3)	Valor de cálculo kN/m^3
1	10
1,2	12
1,4	15
1,6	16
1,8	18
2	20

Nº	Elemento	Valor de cálculo kN/m^3
	4.2 Mortero de aparejar y revocar (Pintura: véase apdo. 7.9)	
1	Mortero de yeso, sin arena	12
2	Mortero de cal (mortero aparejar y revocar Mortero de cal y yeso, mortero de yeso y arena (mortero de revocar), mortero con anhidritos	18
3	Mortero de cal y cemento y mortero de trass y cemento	20
4	Mortero arcilloso	20
5	Mortero de cemento y mortero de trass y cemento	21

5 Obra de fábrica

Los valores indicados son para la obra de fábrica sin revocar; está comprendido el mortero de las juntas y la proporción normal de humedad

5.1 Obra de fábrica de piedra natural

Los siguientes valores son la media superior de los valores promedio según DIN 52100 "Control de piedra natural"

Nº	Elemento	Valor de cálculo kN/m^3
	5.1.1 Piedras eruptivas	
1	Basalto, maláfido, diorita, gabro	30
2	Lava de basalto	24
3	Diabasa	29
4	Granito, sienita, pórfido	28
5	Traquita	26
	5.1.2 Piedras sedimentarias estratificadas	
1	Traumato, piedra arenisca, gonfolita	27
2	Piedra caliza y dolomitas densas (duras), incluido cal de conchas y mármol	28
3	Otras piedras calizas, incluidos conglomerados de cal, travertino, etc.	26
4	Toba calcárea	20
	5.1.3 Piedras metamórficas	
1	Gneis, granito	30
2	Pizarras	28
3	Serpentina	27

[5] Véase apdo. 5.1

[7] Beuth-Verlag, Berlín y Colonia

[8] Nota: 1 g/cm^3 = 1 kg/dm^3

[9] Nota: a determinar en los controles de obra

5.2 Obra de fábrica de piedras artificiales

5.2.1 Obra de fábrica según DIN 1053 P. 4ª de piedras artificiales según:

DIN 105	Ladrillos; macizos y perforados
DIN 105, P 2ª	Ladrillos; ligeros
DIN 105, P 3ª	Ladrillos; de alta resistencia y clínquer
DIN 106	Ladrillos; macizos, perforados y huecos
DIN 398	Bloques de escorias siderúrgicas, macizos, perforados y huecos
DIN 4165	Bloques de hormigón gaseoso
DIN 18149	Bloques perforados de hormigón ligero
DIN 18151	Bloques huecos de hormigón ligero
DIN 18152	(en redacción) Bloques macizos de hormigón ligero
DIN 18153	Bloques perforados de hormigón con juntas cerradas

Para obra de fábrica con mortero ligero se han de disminuir los valores de la tabla en 1 kN/m^3

Densidad de las piedras (g/cm^3)	Valor de cálculo kN/m^3
0,5	7
0,6	8
0,7	9
0,8	10
0,9	11
1	12
1,2	14
1,4	15
1,6	17
1,8	18
2	20
2,1	21
2,2	22
2,5	25

5.2.2 Ladrillos refractarios (ladrillos silicocalcáreos)

Densidad de las piedras (g/cm^3)	Valor de cálculo kN/m^3
1,8	18
2	20

6 Forjados (de pisos y cubiertas)

6.1 Forjados de hormigón armado según DIN 1045

(Incluidas las armaduras y estribos de acero, pero sin el peso de posibles vigas de acero)

1 Placas de hormigón armado según DIN 1045 0,25 KN/m^2

2 Forjados cerámicos según DIN 1045, edición de enero 1972, apdo. 2.1, piezas con juntas parcialmente rellenadas con mortero según DIN 4159, edición abril 1978, apdo. 4, tabla 2 (long. de las piezas: 250 mm) y un forjado de canto:

	Densidad de las tejas (g/cm^3)			
	0,6	0,8	1	1,2
11,5 cm	1,25	1,45	1,65	1,85
14 cm	1,5	1,75	2	2,25
16,5 cm	1,9	2,15	2,4	2,75
19 cm	2,15	2,45	2,8	3,15
21,5 cm	2,45	2,8	3,15	3,55
24 cm	2,75	3,1	3,5	3,95
26,5 cm	3,05	3,45	3,9	4,3
29 cm	3,35	3,8	4,25	4,7

MEDIDAS Y PESOS

Equivalencia de medidas entre el SI y el anglosajón
Medidas, pesos, temperatura
Conversión de pies y pulgadas a mm
Cargas permanentes
Sobrecargas

DIN 1055

Hipótesis de carga según DIN 1055

7.3 Placas murales de yeso según DIN 18163 y placas de cartón yeso según DIN 1810

N°	Elemento	Densidad de las placas (g/cm³)	Valor de cálculo por cada cm de grosor kN/m²
1	Placas murales de yeso poroso	0,7	0,07
2	Placas murales de yeso	0,9	0,09
3	Placas murales de cartón yeso		0,11

7.4 Otros tipos de pared

7.4.1 Paredes de placas de hormigón gaseoso armado y curado al vapor, según DIN 4223

Densidad del hormigón (g/cm³)	Valor de cálculo cm de grosor kN/m²
0,5	0,062
0,6	0,072
0,7	0,084
0,8	0,095

7.4.2 Paredes de placas del hormigón de virutas de madera[11]

N°	Elemento	Valor de cálculo kN/m²
	Hormigón de virutas de madera con una densidad de 0,6 g/cm³ Hormigón de relleno de densidad 2,3 g/cm³ grosor de la pared	
	17,5 cm	2,8
	20 cm	3,2
	24 cm	4
	30 cm	4,9

7.4.3 Paredes de placas de hormigón ligero[11]

Elemento	Densidad g/cm³ 1	1,2	1,4	1,6
Hormigón ligero con una densidad de 1 hasta 1,6 g/cm³ Hormigón de relleno de densidad 2,3 g/cm³				
17,5 cm	3,2	3,3	3,4	3,6
20 cm	3,7	3,8	4	4,1
24 cm	4,5	4,7	4,8	5
30 cm	5,5	5,8	6	6,2

N°	Elemento	Valor de cálculo kN/m²
	7.4.4 Tabiques de placas de cartón yeso según DIN 18183 P. 1ª	
	Tabiques estándar con relleno de lana mineral	
	trasdosado sencillo	0,35
	trasdosado doble	0,5
	7.4.5 Tabiques de placas de yeso y estuco con relleno de lana mineral (placas de cartón yeso con perfiles metálicos en sentido horizontal)	
	enmasillada	0,5
	con revoco seco	0,7
	7.4.6 Tabiques de placas murales de yeso	
1	Tabiques sencillos 60 mm de grosor	0,55
	80 mm de grosor	0,75
	100 mm de grosor	0,9
2	Tabique doble con 40 mm de relleno con lana mineral 200 mm de grosor total	1,5
3	Tabique doble con relleno de lana mineral incluidos 2 × 50 mm de placas ligeras de virutas de madera y 20 mm de cámara de aire 280 mm de grosor total	1,8
	7.5 Tabiques de pavés según DIN 4242	
	Piezas de pavés según DIN 18175	
	80 mm de grosor	1
	100 mm de grosor	1,25
	7.6 Acristalamiento sin divisiones intermedias	
1	Vidrio sencillo	0,27
2	Vidrio doble	0,54
8	**Revocos**	
1	Revoco sobre tela metálica (tipo Rabitz)	
	30 mm de grosor de mortero yeso	0,5
	mortero de cal, yeso y cal, o yeso y arena	0,6
	mortero de cemento	0,8

N°	Elemento	Valor de cálculo kN/m²
2	Revoco de yeso y cal sobre enlistonado, metal estirado o tablero de ladrillo y 30 mm de grosor de mortero	0,5
3	Revoco de yeso y cal sobre placas ligeras de lana de madera de 15 mm de grosor y 20 mm de grosor de mortero	0,35
4	Revoco de yeso y cal sobre placas ligeras de lana de madera de 25 mm de grosor y 20 mm de grosor de mortero	0,45
5	Revoco de yeso y cal sobre placas de cartón yeso de soporte de revoco de 9,5 mm de grosor y 8 mm de grosor de mortero	0,23

[11] Nota: se remite a la autorización de la dirección facultativa

N°	Elemento	Valor de cálculo kN/m²
6	Revoco de yeso y cal sobre doble cañizo incluido el cañizo y las latas y sobre placas de fibras y 20 mm de grosor de mortero	0,4[12]
7	Revoco de yeso 15 mm de grosor	0,18
8	Mortero de cal	0,35
9	Mortero de cal y cemento	0,4
10	Mortero aireado 20 mm de grosor	0,25
11	Revoco de mortero y aglutinante según DIN 4211	0,4
12	Revoco de techos (yeso) 29 mm de grosor	0,3
13	Fachada con revoco mineral, 95 mm de grosor formada por: 40 mm de placas aislantes, soporte para el revoco, perfiles Z y 25 mm de enlucido	0,5
14	Revoco de aislamiento térmico de 50 mm formado por: 35 mm de mortero aislante y 15 mm de mortero aireado	0,4
15	Revestimiento de aislamiento térmico formado por 35 mm de placas ligeras de lana mineral 20 mm de revoco de cal y cemento, incluida la tela metálica	0,55
16	Revestimiento de aislamiento térmico formado por: 35 mm de espuma sintética según DIN 18164 10 mm de cola/mezcla de cemento y revoco sintético	0,03
17	Mortero de cemento de 20 mm de grosor	0,42

N°	Elemento	Valor de cálculo kN/m²
9	**Pavimentos y revestimientos murales**	
1	Revestimiento asfáltico:	
	Hormigón bituminoso	0,24
	Masilla de asfalto	0,18
	Asfalto colado	0,23
	Asfalto en placas grabadas	0,22
2	Placas de revestimiento (también terrazo)	0,24
3	Pavimentos:	
	de anhidrita	0,22
	de yeso	0,2
	de asfalto colado	0,23
	de materiales duros	0,24
	de resina sintética	0,22
	Pavimento de magnesita según DIN 272	
	capa superior transitable ejecutada en una o varias veces	0,22
	capa inferior ejecutada en una o varias veces	0,12
	Pavimento cemento	0,22
4	Placas de vidrio	
	Placas murales de vidrio	0,25
	Azulejos de vidrio	
	Mosaico de vidrio	
5	Caucho	0,15
6	Azulejos cerámicos (incluido el mortero de agarre)	0,19
	Baldosas cerámicas (incluido el mortero de agarre)	0,22
7	Pavimentos de materiales sintéticos	0,15
8	Linóleo	0,13
9	Placas de piedra natural (incluido el mortero de agarre)	0,3
10	Moquetas	0,03
11	Pavimentos deportivos	
	pavimento elástico (incluida capa superior)	0,12[13]
	pavimento flotante	0,3[13]

N°	Elemento	Valor de cálculo kN/m²
10	**Materiales impermeabilizantes, aislantes y de relleno**	
10.1	**Materiales sueltos**	
1	Fibra de amianto	0,06
2	Grava de pómez, vertida	0,07
3	Mica expandida, vertida	0,015
4	Perlita expandida	0,01
5	Pizarra expandida y arcilla expandida, vertida	0,15
6	Materiales de fibra aislante según DIN 18165 P. 1ª y P. 2ª (p. ej., fibra de vidrio, fibra de escorias o fibra mineral)	0,01
7	Fibras bituminadas, vertidas	0,02
8	Caucho triturado	0,03
9	Cáñamo molido, bituminado	0,02
10	Escorias de altos hornos (pómez siderúrgico) escorias de hulla, ceniza de coque	0,14
11	Arena de escorias de altos hornos	0,1
12	Polvo de diatomeas	0,025
13	Serrín de corcho, vertido	0,02
14	Magnesita, cocida	0,1
15	Espuma sintética	0,005
10.2	**Placas, mantas o láminas**	
1	Cartón de amianto	0,12
2	Placas de asfalto	0,22
3	Fibras aislantes según DIN 18165 P. 1ª en láminas, mantas fieltros o placas	0,01
4	Espuma in situ-resinas de formaldehido-cola de urea	0,001
	según DIN 18165 P. 2ª	0,002 kN/m²
5	Placas de virutas de madera según DIN 68750, DIN 68752 y DIN 68754 P. 1ª	
	duras	0,1
	semiduras	0,08
	blandas	0,04
6	Placas ligeras de lana de madera según DIN 1101	
	15 mm de grosor	0,06
	100 mm de grosor	0,04
7	Placas de polvo de diatomeas	0,025
8	Placas de serrín de corcho impregnado según DIN 18161 P. 1ª bituminado o embreado	0,02
9	Placas ligeras de varias capas según DIN 1104 P. 2ª	
	placas de dos capas	0,045[14]
	placas de tres capas	0,09[14]
10	Placas de serrín de corcho recocido según DIN 18161 P. 1ª	0,012
11	Placas de perlita	0,02
12	Espuma in situ de poliuretano según	0,004
	DIN 18159 P. 1ª	0,01 kN/m²
13	Espuma de vidrio (densidad 0,07 g/cm³) en grosores de 4 a 6 cm, recubierta con cartón	0,01
14	Placas de espuma sintética según DIN 18164 P. 1ª y 2ª	0,004

[12] **Nota:** Para revocos sobre base de madera el valor de cálculo se incrementa en 0,1 kN/m²

[13] **Nota:** Valor de cálculo kN/m² invariable para todos los grosores

[14] **Nota:** Valor de cálculo invariable para todos los grosores

N°	Elemento	Valor de cálculo kN/m²
10.3	**Barreras contra la humedad (sin material de agarre)**	
1	Cartones bituminosos con capa bituminosa en ambos lados según DIN 52126	0,03
2	Láminas bituminosas para impermeabilizar cubiertas según DIN 52130 P. 1ª	0,04
3	Láminas de cartón de fieltro	0,07
4	Láminas impermeables para impermeabilizaciones según DIN 18190 P. 1ª a 5ª	0,04
5	Láminas de fieltro de vidrio bituminoso según DIN 52143	
	recubiertas con arena	0,02
	recubiertas con grava	0,05
6	Láminas sintéticas	0,02
7	Cartón bituminoso según DIN 52129 cartón embreado según DIN 52126	0,02
8	Cartón embreado enarenado por ambas caras según DIN 52121	0,03
9	Cartón especial embreado y cartones bituminosos y embreados según DIN 52140	0,03

MEDIDAS Y PESOS
Equivalencia de medidas entre el SI y el anglosajór
Medidas, pesos, temperatura
Conversión de pies y pulgadas a mm
Cargas permanentes
Sobrecargas

Nota: las sobrecargas de uso indicadas para las escaleras solo son suficientes para dimensionar cada uno de los peldaños si la construcción de la escalera garantiza una correcta distribución de las cargas (cuando los peldaños están unidos entre sí mediante tabicas, o cuando se apoyan en una zanca que va de descansillo a descansillo, o sobre una losa continua, etc.).
Si no es así, se debe considerar una sobrecarga puntual —según tabla 1, línea 4a, de 150 kp (1,5 kN) o según la tabla 1, línea 5a de 200 kp (2 kN)— aplicada en el punto más desfavorable del peldaño.
Para los peldaños en voladizo se debe comprobar, además, que el empotramiento total en las zancas o paredes de la escalera supuesto en el cálculo responde a la realidad constructiva. En aquellos puntos donde falta el peso de muro necesario para garantizar un grado de empotramiento total, p. ej., debajo de ventanas, deberán adoptarse medidas constructivas adecuadas que garanticen el empotramiento suficiente de la escalera en voladizo (p. ej., jácenas de borde). En aquellas escaleras en las que se prevea la acción de elevadas cargas puntuales (p. ej., fábricas, grandes almacenes, etc.) no se admiten peldaños que no garanticen un reparto suficiente de las cargas.

1 .1. Sobrecargas verticales y puntuales de uso en cubiertas

1.1.1. Elementos portantes aislados

En las cubiertas se debe considerar una carga puntual de 100 kp (1 kN), debida al personal que debe acceder a la cubierta para efectuar trabajos de limpieza y mantenimiento. Dicha carga se considerará aplicada en el centro de los elementos que soportan la cubierta (cabios, correas, pares o barras en una malla espacial) cuando la sobrecarga de nieve y viento considerada sea menor a 200 kp (2 kN).

1.1.2. Capa de cubrición

Para la capa de cubrición también es válido el apartado 1.1.1., siempre y cuando sea accesible. En este caso, sin embargo, la anchura de distribución de cargas entre dos placas no puede considerarse mayor a 1 m, siempre y cuando la norma DIN 1045 no disponga otra cosa.
Para placas aligeradas de hormigón armado, véase la norma DIN 4028. Durante su colocación, estos elementos solo se pueden transitar colocando tablones de madera encima.

1.1.3. Chapas de cubierta

En las chapas de cubierta se deben considerar dos cargas puntuales, cada una de 50 kp (0,5 kN), aplicadas a una distancia de los extremos igual a 1/4 de la luz. Para las latas de madera, cuya sección se ha comprobado por lo práctica, no es necesario el cálculo de comprobación si la distancia entre cabios es inferior a 1 m.

1.1.4. Cabios ligeros

Los cabios ligeros se pueden calcular con una carga puntual de 50 kp (0,5 kN) aplicada en el punto más desfavorable, siempre y cuando la cubierta solo sea accesible mediante tablones y escaleras.

1.2. Sobrecargas verticales de uso en forjados con paso de vehículos

1.2.1. Forjados de sótanos, etc.

Los forjados de sótanos, al igual que todos los forjados en los que se prevea el paso de vehículos (a excepción de los forjados comprendidos en el apdo. 6.1. tabla 1) se deben calcular como mínimo de acuerdo con la norma DIN 1072, edición de noviembre de 1967 (tabla 2, clase 6). Sin embargo, a diferencia de la norma 1072, la superficie exterior a la zona principal de rodadura se debe sobrecargar con una carga uniformemente repartida p_1 igual a la considerada en la zona principal de rodadura.
En aquellos casos en los que se prevea el paso de vehículos pesados, p. ej., coches de bomberos, se deben aplicar las cargas según DIN 1072, edición de noviembre de 1967, tabla 2, clase 12 o 30. Esta carga se debe considerar móvil y se debe tener en cuenta la carga adicional debida a las vibraciones, según el apdo. 8.

1.2.2. Forjados con paso de estibadoras de horquilla

Los forjados de talleres, fábricas, almacenes, sótanos de patios y similares, en los que se prevea el paso de estibadoras de horquilla, se deben calcular aplicando la carga puntual de la estibadora en el punto más desfavorable, según la tabla 1, columna 3 y la ilustración 1, y a su alrededor se debe aplicar una sobrecarga uniformemente repartida según la tabla 1 columna 7. Además, los restantes elementos constructivos, sometidos a una sobrecarga uniformemente repartida (sin carga adicional debida a las vibraciones) según la tabla 1 columna 7, se deben calcular para el caso más desfavorable de simultaneidad de cargas —alternancia de cargas—, siempre que la sobrecarga considerada para la superficie de almacenaje no sea más desfavorable. Se tomará el valor más desfavorable
En forjados sometidos a carga de una estibadora de peso mayor al admitido de 13 t, se realizará una comprobación especial.

Tabla 1. Estibadoras de horquilla. Medidas de horquilla. Medidas normalizadas

1	2	3	4	5	6	7
Peso total admisible t	Capacidad nominal t	Carga estática por eje (carga normal) *P* Mp (kN)	Anchura de rodadura media *a* m	Anchura total *b* m	Longitud total *l* m	Sobrecarga uso uniformemente repartida (carga normal) kp/m^2 (kN/m^2)
2,5	0,6	2 (20)	0,8	1	2,4	1.000 (10)
3,5	1	3 (30)	0,8	1	2,8	1.250 (12,5)
7	2,5	6,5 (65)	1	1,2	3,4	1.500 (15)
13	5	12 (120)	1,2	1,5	3,6	2.500 (25)

Hipótesis de carga según DIN 1055, parte 3

Si se prevé que por un forjado circularán tanto estibadoras de horquilla como camiones, se debe considerar la carga mayor. Las cargas indicadas en la tabla 1, columna 3, no pueden considerarse estáticas y, por consiguiente, se debe tener en cuenta la sobrecarga debida a las vibraciones

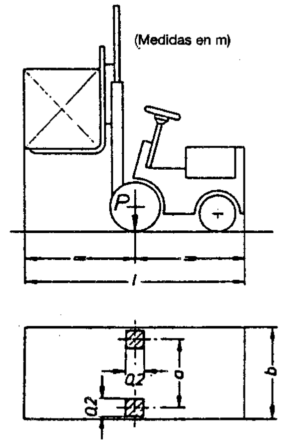


Ilustración 1. Dimensiones de una estibadora de horquilla

1.3. Helipuertos en forjados de cubierta.

Para el cálculo estático de helipuertos en forjados de cubiertas, se deben considerar —teniendo en cuenta el uso previsto— unas cargas de despegue de los helicópteros de 2 t o 6 t, según la tabla 2. Esta carga se debe considerar como una carga móvil puntual aplicada sobre una superficie rectangular y se debe tener en cuenta la sobrecarga debida a las vibraciones en el punto más desfavorable de la sección estudiada. Además, los elementos constructivos se calcularán también para una sobrecarga de uso uniformemente repartida de 500 kp/m^2 (5 kN/m^2) en las condiciones de simultaneidad más desfavorables. Se tomará el valor más desfavorable.

Tabla 2. Helicópteros. Cargas normales

Máxima carga de despegue autorizada t	Peso normal de un helicóptero Mp (kN)	Longitud lados sup. apoyo m
2	2 (20)	0,2
6	6 (60)	0,3

1.4. Fuerzas pendulares verticales

Para las fuerzas pendulares verticales, p. ej., en columpios, aviones y carruseles voladores, etc., véase DIN 4112; para aparatos deportivos de gimnasios, p. ej., anillas, cuerdas de trepar, etc., se aplicará una carga de 200 kp (2 kN) en cada punto de anclaje de las cuerdas (sin considerar la sobrecarga adicional debida a las vibraciones).

2. Sobrecargas horizontales de uso

2.1. Sobrecargas horizontales en antepechos y barandillas a la altura del pasamanos

Las cargas horizontales pueden actuar en cualquier dirección de su plano.

2.1.1. En las escaleras comprendidas en la tabla 1, línea 40, en los balcones y en las galerías abiertas se considerará una sobrecarga de 50 kp/m (0,5 kN/m).

2.1.2. En salas de reuniones, iglesias, escuelas, teatros y cines, locales recreativos, pabellones polideportivos, graderías y escaleras comprendidas en la tabla 1, línea 5a, se considerará una sobrecarga de 100 kp/m (1 kN/m).

2.2. Cargas horizontales para conseguir suficiente resistencia longitudinal y transversal

Además de la sobrecarga de viento indicada y las demás cargas que actúen horizontalmente, se deben considerar las siguientes sobrecargas horizontales en la dirección más desfavorable, para conseguir suficiente resistencia longitudinal y transversal.

2.2.1. En graderías e instalaciones similares, de asientos o localidades de pie, se debe considerar una sobrecarga horizontal equivalente a 1/20 de la sobrecarga vertical aplicada justo encima del suelo.

2.2.2. En los andamiajes se debe considerar una sobrecarga horizontal equivalente a 1/100 de todas las cargas verticales, aplicada a la altura del entarimado.

2.2.3. En elementos, expuestos a vuelco situados en el interior de un edificio y que, por consiguiente, no están sometidos a una sobrecarga de viento, p. ej., en silos interiores aislados, se debe considerar una sobrecarga horizontal equivalente a 1/100 de la carga total, aplicada a la altura del centro de gravedad.

2.3. Fuerzas de frenado y sobrecargas horizontales de grúas y puentes grúa

Las fuerzas de frenado y sobrecargas horizontales de grúas y puentes grúa se deben calcular según la norma DIN 15018 hoja 1 y DIN 4132.

2.4. Choques horizontales en pilares y muros

2.4.1. Choques horizontales en pilares y muros portantes

2.4.1.1. En calles

En pilares y muros portantes (en lo sucesivo denominados elementos portantes) de edificios situados en zonas urbanas, a una distancia inferior a 1 m del bordillo y que, por consiguiente, están sometidos al peligro de recibir el impacto de un vehículo, p. ej., en soportales transitables, se debe considerar una sobrecarga horizontal aplicada a 1,2 m de altura, tanto en sentido longitudinal como transversal del elemento portante, de 50 Mp (500 kN) en las esquinas salientes del edificio y de 25 Mp (250 kN) en los demás elementos portantes del edificio; siempre que no se pueda demostrar que la ausencia del elemento portante no afecte a la estabilidad del edificio. Al calcular los cimientos no es necesario considerar esta sobrecarga de choque. Para los elementos portantes de edificios situados fuera del casco urbano, se debe aplicar la norma DIN 1072.

2.4.1.2. En gasolineras

En los elementos portantes de las cubiertas de gasolineras, que no están situadas junto a un flujo de tráfico continuo, se debe considerar una sobrecarga horizontal, aplicada a 1,2 m de altura del elemento portante en el sentido más desfavorable, de 10 Mp (100 kN) para tener en cuenta el posible choque de un vehículo —incluso si existe un bordillo de protección— siempre que no se pueda demostrar que la ausencia del elemento portante no afecte a la estabilidad del edificio. Al calcular los cimientos no es necesario considerar esta sobrecarga de choque.

2.4.1.3. En garajes, talleres, almacenes y similares

En los elementos portantes de edificios de una a más plantas, en los que por su uso se prevea el paso de camiones o estibadoras de horquilla, se debe considerar una sobrecarga horizontal, aplicada a 1,2 m de altura del elemento portante, de 10 Mp (100 kN) para tener en cuenta el posible choque de un camión, y una sobrecarga horizontal, aplicada a 0,75 m de altura del elemento portante, de 5 veces el peso total autorizado según la tabla 1, columna 1. Si estas sobrecargas horizontales no puede resistirlas un solo elemento, se deben proteger con medidas constructivas adecuadas, p. ej., protecciones suficientemente deformables de acero para evitar el choque, o reduciendo la fuerza de impacto a un valor admisible.

2.4.2. Choques horizontales en elementos de cerramiento no portantes

En los garajes de varias plantas, para prever la posibilidad del choque de un turismo contra las paredes exteriores y contra muros que delimiten patios de luces, etc., así como un choque contra el antepecho de barandillas, plataformas de aparcamiento, etc., se debe considerar una sobrecarga horizontal lineal de 0,2 Mp/m (2 kN/m) actuando hacia el exterior y aplicada a 0,5 m de altura. En los casos en que se prevea el paso de camiones, se deben incrementar los valores antes citados hasta una sobrecarga horizontal lineal de 0,5 Mp/m (5 kN) aplicada a 1,2 m de altura. Este último valor se debe aplicar también en todos los demás edificios de varias plantas en los que se prevea la circulación de camiones. Además, el impacto de camiones, y en especial de estibadoras de horquilla, contra las paredes y antepechos de rampas, se debe evitar colocando bordillos, guardarraíles y elementos similares, a una altura de 0,2 m.

Hipótesis de carga DIN 1055
Valores característicos de sobrecargas verticales para forjados, escaleras, balcones y cubiertas

Categoría		Uso	Ejemplos	q_k en kN/m²	Q_k en kN
A	A1	Desvanes perdidos	Desvanes transitables con alturas libres de hasta 1,8 m (no aptos para usos residenciales)	1	1
	A2	Espacios habitables y estancias	Locales y pasillos en edificios de viviendas, habitaciones de hospitales y habitaciones de hotel, incluidos cocinas y baños correspondientes (en caso de suficiente reparto transversal de las cargas)	1,5	-
	A3		como A2, pero sin suficiente reparto transversal de las cargas	2[1]	1
B	B1	Espacios para oficina, trabajo, pasillos	Pasillos en edificios de oficinas, superficies para oficinas, consultorios médicos, salas en hospitales y salas de estar, incluidos los pasillos, establos para animales pequeños	2	2
	B2		Pasillos en hospitales, hoteles, hogares de la tercera edad, internados, etc.; cocinas y salas de tratamiento, incluidos quirófanos sin equipos pesados	3	3
	B3		como B2, pero con equipos y aparatos pesados	5	4
C	C1	Locales, salas de reunión y superficies que pueden servir para la concentración de personas	Superficies con mesas; p. ej., aulas escolares, cafés, restaurantes, comedores, salas de lectura, recibidores	3	4
	C2		Superficies con asientos fijos; p. ej., superficies en iglesias, teatros o cines, salas de congresos, aulas, salas de reunión, salas de espera	4	4
	C3		Superficies transitables libremente; p. ej., superficies de museos, salas de exposición, etc.; zonas de acceso en edificios públicos y hoteles, cubiertas no transitables de sótanos soterrados bajo patios	5	4
	C4		Superficies para deporte y ocio; p. ej., salones de baile, pabellones deportivos, gimnasios y salas de musculación, escenarios	5	7
	C5		Superficies para grandes concentraciones de personas: p. ej., auditorios, terrazas y zonas de acceso, al igual que graderías con asientos fijos	5	4
D	D1	Locales comerciales	Superficies de locales comerciales de hasta 50 m de edificios de viviendas y oficinas y similares	2	2
	D2		Superficies en tiendas y grandes almacenes	5	4
	D3		Superficies como D2, pero con cargas puntuales elevadas debido a estanterías altas de almacenaje	5	7
E	E1	Fábricas y talleres, establos, almacenes y accesos, superficies con concentraciones cuantiosas de personas	Superficies en fábricas[2] y talleres[2] de producción ligera, superficies en establos de ganado mayor	5	4
	E2		Superficies de almacenaje, incluidas bibliotecas	6[3]	7
	E3		Superficies en fábricas[2] y talleres[2] de producción mediana o pesada, superficies de uso frecuente por concentraciones cuantiosas de personas, graderías sin asientos fijos	7,5[3]	10
T[4]	T1	Escaleras y rellanos	Escaleras y rellanos de las categorías A y B1 sin tránsito apreciable de personas	3	2
	T2		Escaleras y rellanos de la categoría B1 con tránsito de personas considerable, de las categorías B2 a, al igual que todas las escaleras que sirven como recorrido de evacuación	5	2
	T3		Accesos y escaleras de graderías sin asientos fijos, que sirven de recorrido de evacuación	7,5	3
Z[4]		Accesos, balcones y similares	Cubiertas en terrazas, galerías, porches, etc., balcones, mesetas de escaleras de salida	4	2
H		Cubiertas no transitables[5]		-	1

[1] Para la transmisión de cargas a elementos portantes se permite la reducción del valor indicado a 0,5 kN/m².

[2] Las sobrecargas en fábricas y talleres normalmente se consideran cargas muertas. En casos aislados deben clasificarse las cargas repetitivas —según las circunstancias— como cargas vivas.

[3] Estos valores son valores mínimos, según las circunstancias deben tenerse en cuenta valores mayores.

[4] Para las combinaciones de acciones según DIN 1055-100 deben clasificarse las acciones según las categorías de uso del edificio correspondiente o parte de él.

[5] Transitable para mantenimiento y reparaciones.

Hipótesis de carga DIN 1055
Valores característicos de sobrecargas verticales para aparcamientos y superficies con tráfico rodado

Categoría		Uso	Superficie de aplicación A en m²	q_k en kN/m²	Q_k en kN
F	F1	Superficies para tráfico rodado y estacionamiento de vehículos ligeros con una carga total ≤ 25 kN	≤ 20	3,5	20
	F2		> 20 ≤ 50	2,5	20
	F3		> 50	2	20
	F4	Rampas de acceso	≤ 20	5	20
	F5		≤ 20	3,5	20

En las categorías F2, F3 y F5 también puede ser determinante que, en lugar del peso por eje $2 \times Q_k = 20$ kN, la carga puntual en el cálculo de acciones locales sea $2 \times Q_k = 10$ kN. Esto puede afectar, p. ej., al punzonado bajo carga de rueda o a la resistencia al esfuerzo cortante en el borde de la losa.

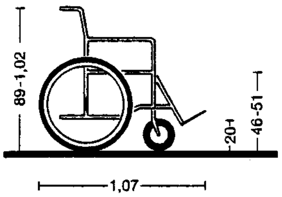
ARQUITECTURA ACCESIBLE

MEDIDAS PARA USUARIOS DE SILLA DE RUEDAS

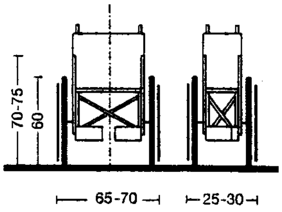
ARQUITECTUR
ACCESIBLE

Medidas para usuarios de silla de ruedas
DIN 18024
DIN 18025
Viviendas sin barreras arquitectónicas según la ordenanza alemana MBO

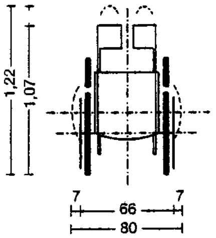
véanse también ascensores


89-1,02
20
46-51
1,07

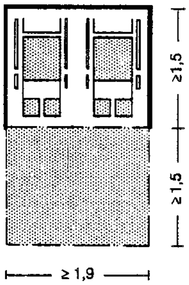
❶ Alzado lateral de una silla de ruedas estándar


70-75
60
65-70
25-30

❷ Alzado frontal y plegada


1,22
1,07
7
7
66
80

❸ Planta



❹ Espacio necesario y superficie de movimiento para sillas de ruedas

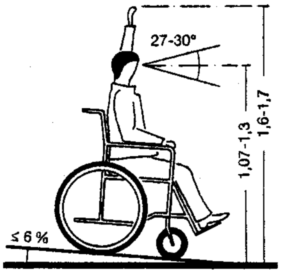
Conceptos básicos para el proyecto

DIN 18024-2 (Edificios públicos y lugares de trabajo), DIN 18025-1 (Viviendas para personas en silla de ruedas) y la norma DIN 18025-2 (Viviendas sin barreras arquitectónicas).

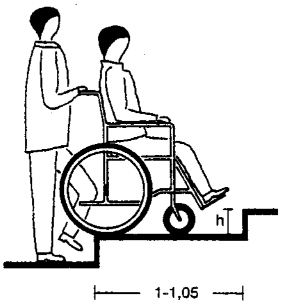
La DIN 18024 tiene como fin el proyecto, ejecución y equipamiento de edificios públicos, o partes de ellos, lugares de trabajo y espacios públicos. Los edificios tienen que ser accesibles y estar libres de barreras arquitectónicas para todas las personas. Los usuarios deben poder manejarse por el edificio sin ayuda ajena. Esto se aplica especialmente para usuarios de silla de ruedas, invidentes y personas con deficiencias, sordos o con alguna discapacidad auditiva, personas con otro tipo de discapacidades, personas mayores, niños, personas de estatura pequeña y grande.

Espacios de maniobra

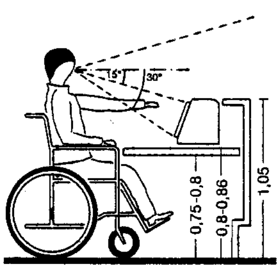
Son los espacios necesarios para moverse en silla de ruedas y se dimensionan según los espacios mínimos requeridos por los usuarios de sillas de ruedas. La silla de ruedas → ❶ - ❹ y el espacio de maniobra → ❾ - ⓬ son los módulos necesarios para el cálculo del espacio. Las dimensiones de los espacios de maniobra oscilan entre 0,9 y 1,8 m y pueden solaparse, exceptuando la zona frente a los ascensores. Para que pueda producirse un cambio de dirección, debe preverse un largo y un fondo de 1,5 m como mínimo en cada espacio. Para espacios de maniobra, véanse también las páginas siguientes.


27-30°
1,07-1,3
1,6-1,7
≤ 6 %

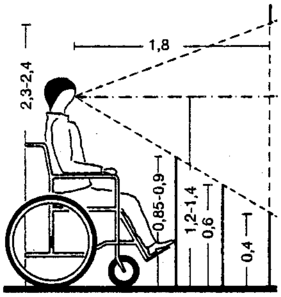
❺ Silla de ruedas en plano inclinado



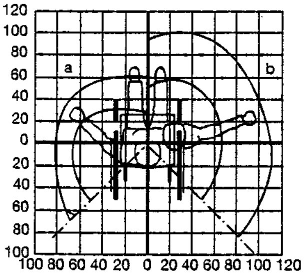
❻ En una escalera


15°
30°
0,75-0,8
0,8-0,86
1,05

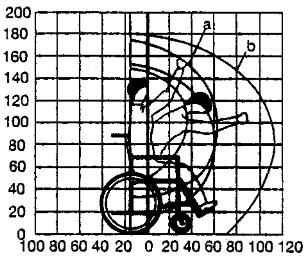
❼ Espacio de trabajo delante de un monitor


1,8
2,3-2,4
0,85-0,9
1,2-1,4
0,6
0,4

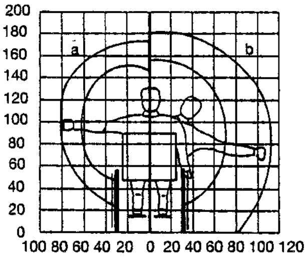
❽ Junto a una ventana


a
b
120
100
80
60
40
20
0
20
40
60
80
100
100 80 60 40 20 0 20 40 60 80 100 120

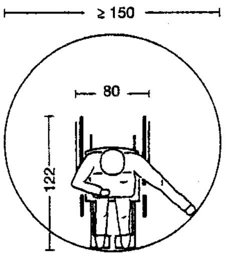
❾ En planta


a
b
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
100 80 60 40 20 0 20 40 60 80 100 120

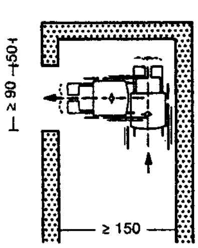
❿ En alzado


a
b
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
100 80 60 40 20 0 20 40 60 80 100 120

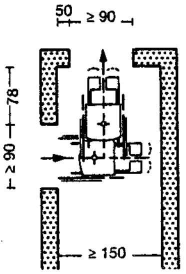
⓫ Desde atrás



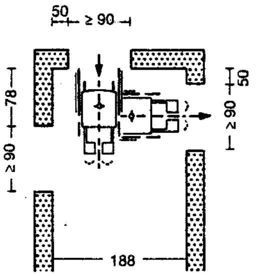
⓬ Espacio mínimo de giro



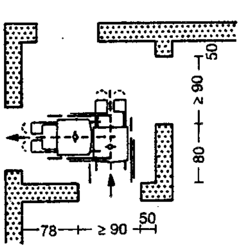
⓭ Anchura de paso con 1 puerta


50
≥ 90
78
≥ 90
≥ 150

⓮ Con 2 puertas


50
≥ 90
78
≥ 90
50
≥ 90
188

⓯ Con 3 puertas


50
≥ 90
80
78
≥ 90
50

⓰ Con 4 puertas

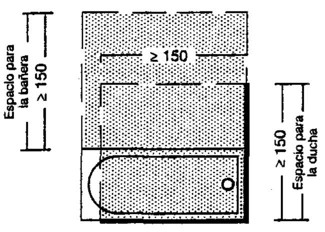
UNIVERSIDAD [illegible] DE CHILE

ARQUITECTURA ACCESIBLE

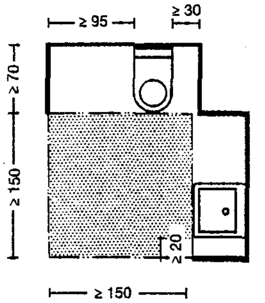
VIVIENDAS SIN BARRERAS ARQUITECTÓNICAS SEGÚN DIN 18025

ARQUITECTURA ACCESIBLE

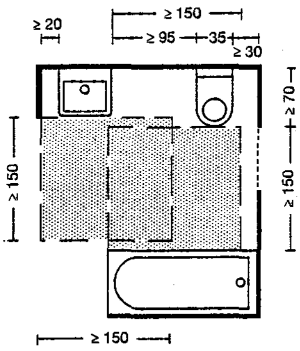
Medidas para usuarios de silla de ruedas
DIN 18024
DIN 18025
Viviendas sin barreras arquitectónicas según la ordenanza alemana MBO



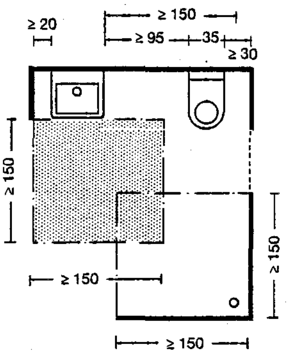
① Superficie de movimiento en una ducha. Alternativa: bañera



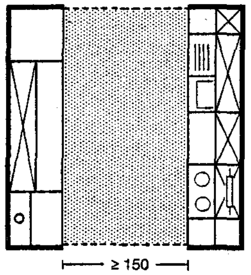
② Superficie de movimiento delante y al lado del inodoro y el lavabo



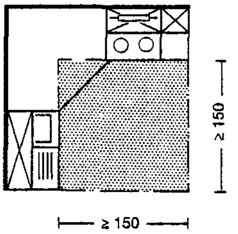
③ Ejemplo con superposición de superficies de movimiento en un baño



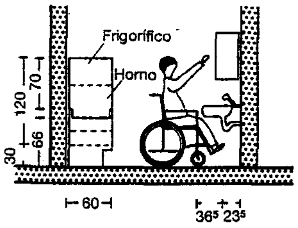
④ Superposición de espacios de maniobra en el aseo (ducha)



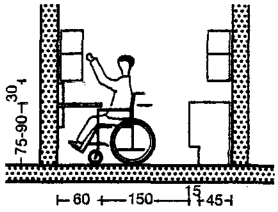
⑤ Superficie de movimiento en una cocina a dos bandas



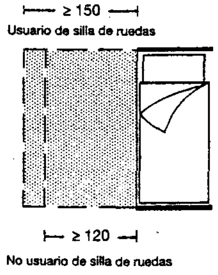
⑥ Superficie de movimiento en una cocina en L



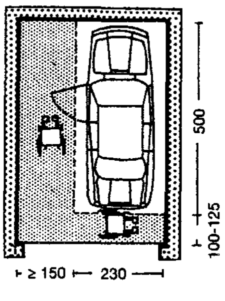
⑦ Medidas en torno al fregadero, horno y frigorífico



⑧ Medidas en cocinas



⑨ Espacio necesario ante el lateral de una cama para usuarios de sillas de ruedas y no usuarios



⑩ Superficie necesaria en garajes

Espacios de maniobra (mín. 1,5 m de ancho y 1,5 m de largo) para el cambio de dirección en todas las piezas (a excepción de cuartos pequeños, donde el usuario de silla de ruedas puede moverse hacia adelante y atrás), en duchas → ① + ④, delante del inodoro y del lavabo → ② - ④, en el porche, frente a las puertas de los ascensores, en el arranque y desembarco de rampas, y frente a los contenedores para la recogida de residuos.

Espacios de maniobra (mín. 1,5 m de largo) delante del lateral de la cama de un usuario de silla de ruedas → ⑨, delante de armarios y muebles de cocina → ⑤ - ⑧, del lateral de acceso a la bañera → ① + ③, del lado largo de un automóvil, frente a la puerta → ⑩.

Espacios de maniobra (mín. 1,5 m de ancho) entre paredes en el exterior de la vivienda, en el arranque y desembarco de escaleras, sin contar la superficie del último peldaño.

Espacios de maniobra (mín. 1,2 m de ancho) a lo largo de muebles a los que el usuario de silla de ruedas accede lateralmente, al lado del larguero de una cama para personas sin discapacidad → ⑨, entre las paredes en el interior de la vivienda, frente al elementos que deben manipularse → pág. 34 ⑨, entre las barras protectoras de una rampa → pág. 34 ③ y en los caminos de una urbanización.

Accesibilidad sin barreras arquitectónicas
Todas las piezas de una vivienda y las instalaciones comunitarias del edificio tienen que tener acceso sin barreras arquitectónicas, dado el caso, mediante un ascensor → pág. 34 ⑥ o por una rampa → pág. 34 ③. En las puertas deben evitarse umbrales y resaltes en el hueco de paso; en caso de ser indispensables, no deben sobrepasar los 2 cm de altura.

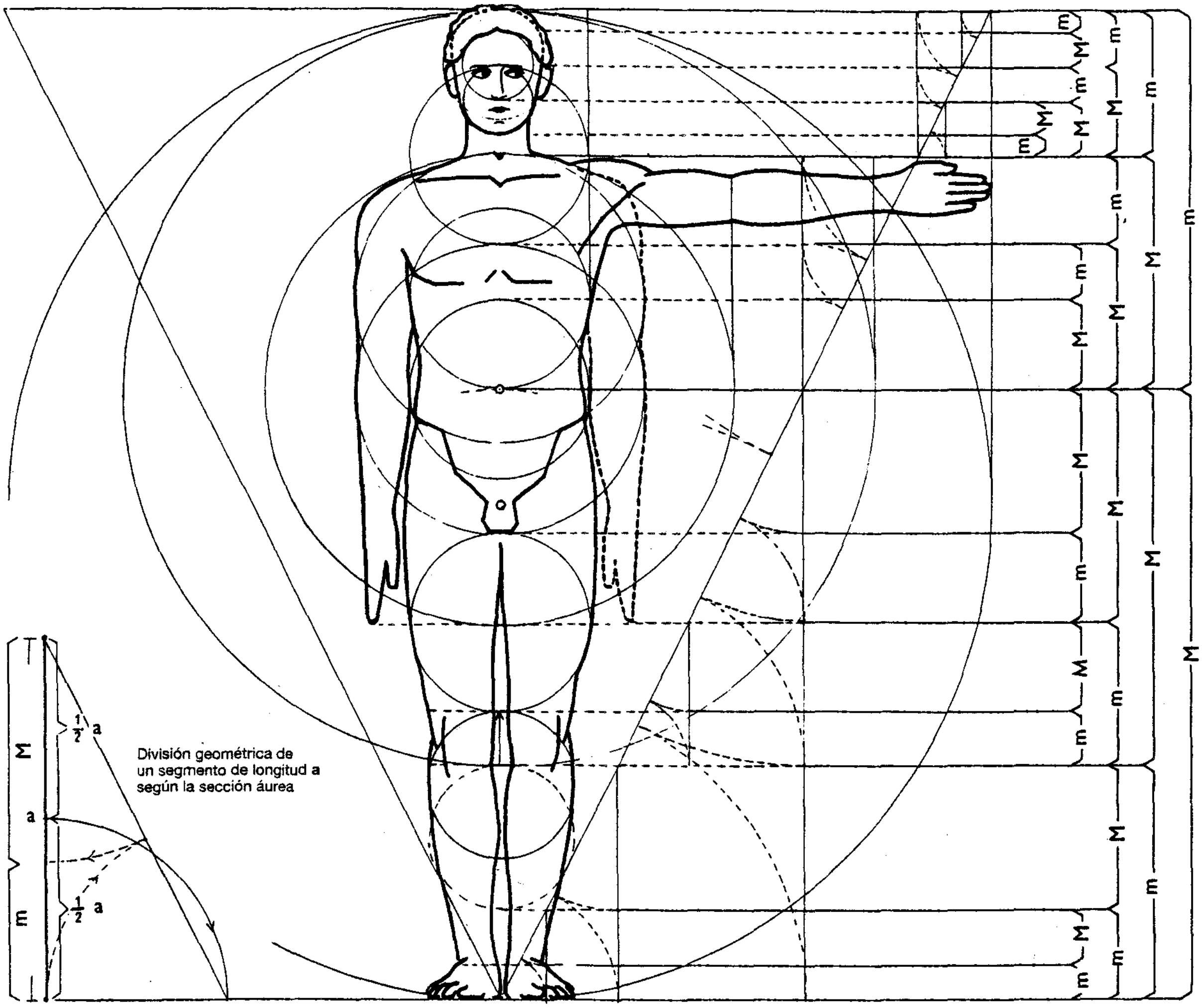
Espacio para dejar la silla de ruedas
Para cada usuario de silla de ruedas debe proyectarse un espacio libre, preferiblemente en la zona de acceso a la vivienda, con objeto de poder dejar la silla de ruedas de calle y cambiarse a la de casa. Espacio necesario y espacio de maniobra → pág. 34 ⑨.

Aseo
El aseo debe disponer de un plato de ducha apto para silla de ruedas. Es conveniente que exista la posibilidad de colocar una bañera en lugar de la ducha. El espacio de maniobra a izquierda o derecha del inodoro debe ser de 95 cm de ancho y 70 cm de fondo como mínimo. En un lado del inodoro tiene que guardarse una distancia mínima de 30 cm a las paredes o las instalaciones → ② - ④. El barrido de las puertas no debe ser hacia el interior del aseo.

Cocina
Los elementos principales —frigorífico, encimera, cocina y fregadero— tienen que estar lo más cerca posible entre sí. Deben disponer del espacio necesario libre de obstáculos para acceder a ellos en silla de ruedas. Para tener el suficiente espacio debajo del fregadero es necesario que el sifón esté embutido en la pared o adosado a ella. Las encimeras tienen que ser accesibles al usuario de silla de ruedas y no deben colocarse armarios altos. El área de actividad en sentido horizontal es de unos 60 cm, el vertical entre 40 y 140 cm. La altura óptima debe adaptarse al discapacitado (aprox. 75-90 cm) y la altura de montaje tendrá en cuenta las necesidades del usuario → ⑦ + ⑧.

Plaza de estacionamiento de coche
Cada vivienda tiene que disponer de una plaza cubierta de aparcamiento para el coche. Al lado del coche debe haber un espacio de maniobra de 1,5 m de fondo → ⑩.

DIMENSIONES BÁSICAS Y PROPORCIONES
El hombre como unidad de medida
La medida de todas las cosas
Medidas del cuerpo y espacio necesario
Proporciones geométricas
Modulación en la edificación



División geométrica de un segmento de longitud a según la sección áurea

Proporciones del cuerpo humano
Basadas en los estudios de A. Zeising

El canon más antiguo conocido sobre las proporciones del hombre se ha encontrado en una tumba de las pirámides de Menfis (aproximadamente 3000 años a. de C.).

Por consiguiente, al menos desde aquella época, tanto científicos como artistas, se han interesado por el estudio de las proporciones métricas del cuerpo humano.

Conocemos el canon de la época de los faraones, el del tiempo de Ptolomeo, el de los griegos y romanos, el canon de Policleto, que durante tanto tiempo se tomó como modelo, los datos de Albertí, Leonardo da Vinci, Miguel Ángel y de los hombres de la edad media y, sobre todo, la conocida obra de Alberto Durero.

En los trabajos citados, el cuerpo humano se mide comparándolo con la longitud de la cabeza, la cara o el pie, que más adelante se subdividieron y se relacionaron entre sí, de manera que llegaron a emplearse en la vida cotidiana. Hasta hace poco, el codo y el pie aún eran unidades de medida corrientes.

Los datos de Durero alcanzaron una gran difusión: parten de la altura del hombre y marcan las siguientes subdivisiones:

$\frac{1}{2}$ h = altura de la cabeza y el tronco desde la horcajadura,
$\frac{1}{4}$ h = altura de la pierna desde el tobillo hasta la rodilla y distancia del ombligo al mentón,
$\frac{1}{6}$ h = longitud del pie,
$\frac{1}{8}$ h = altura de la cabeza desde el canto inferior del mentón y distancia entre los pezones,
$\frac{1}{10}$ h = altura y anchura de la cara (incluidas las orejas) y distancia entre la muñeca y el extremo del dedo corazón,
$\frac{1}{12}$ h = anchura de la cara a la altura de la base de la nariz y anchura de la pierna encima de la rodilla, etc.

Las subdivisiones llegan hasta $\frac{1}{40}$ h.

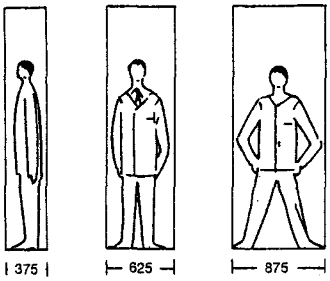
En el siglo pasado, A. Zeising emprendió un amplio estudio de las proporciones del cuerpo humano basándose en la sección áurea. Por desgracia, sus trabajos no recibieron la debida atención hasta hace muy poco tiempo, cuando el conocido investigador en este campo, E. Moessel apoyó sus investigaciones en el método elaborado por A. Zeising.

Desde 1945, Le Corbusier empleó, en todos sus proyectos, las proporciones basadas en la sección áurea, agrupándolas en u sistema de medidas que denominó Modulor. Sus unidades básicas son la altura del hombre = 1,829 m y la altura hasta el ombligo = 1,13 m → pág. 54.

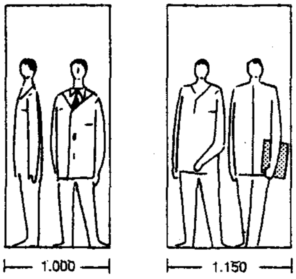
DIMENSIONES BÁSICAS Y PROPORCIONES

El hombre como unidad de medida
La medida de todas las cosas
Medidas del cuerpo y espacio necesario
Proporciones geométricas
Modulación en la edificación

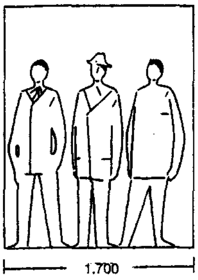
ESPACIO NECESARIO ENTRE PAREDES



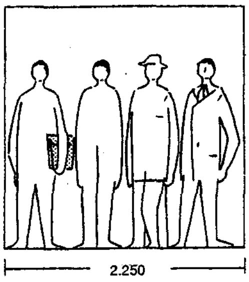
① entre paredes (para personas en movimiento: ≥ 10 % más)



② dos personas juntas

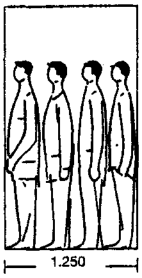


③ tres personas juntas

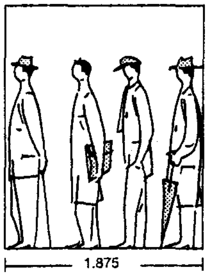


④ cuatro personas juntas

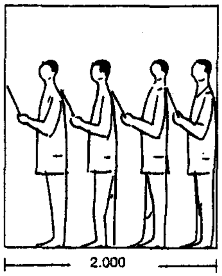
ESPACIO NECESARIO PARA GRUPOS



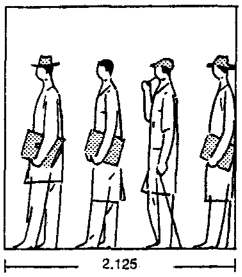
⑤ en fila apretada



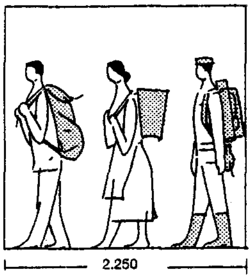
⑥ en fila normal



⑦ grupo coral

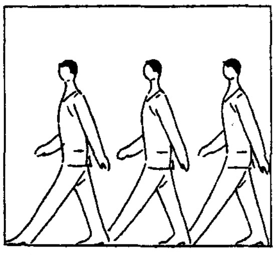


⑧ para esperas largas

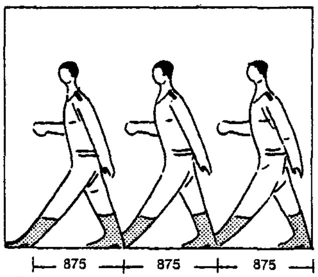


⑨ con mochilas

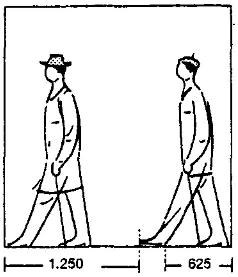
MEDIDAS DE UN PASO



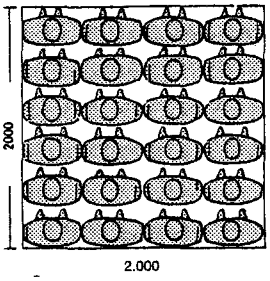
⑩ paso normal



⑪ paso ligero

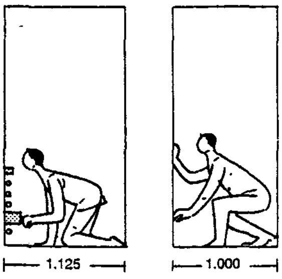


⑫ paso de paseo

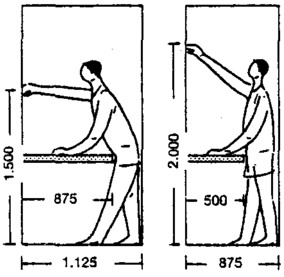


⑬ Máxima densidad por m² = 6 personas (p. ej., funiculares)

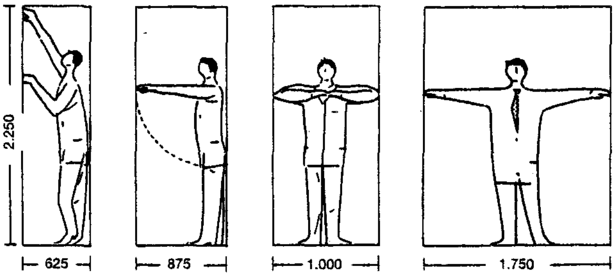
ESPACIO NECESARIO SEGÚN LA POSICIÓN DEL CUERPO



⑭ a gatas o en cuclillas

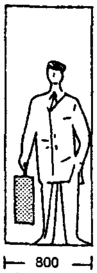

1.500
875
1.125
2.000
500
875

⑮ ante la mesa de trabajo

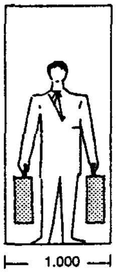

2.250
625
875
1.000
1.750

⑯ ejercicios de estiramiento

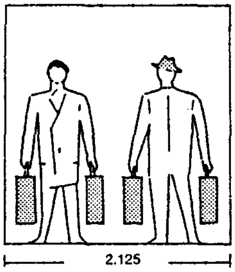
ESPACIO NECESARIO CON EQUIPAJE DE MANO



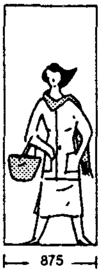
⑰ con una maleta



⑱ con dos maletas

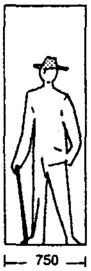


⑲ dos personas con dos maletas

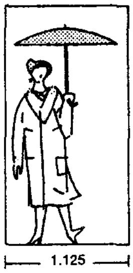


⑳ con bolso

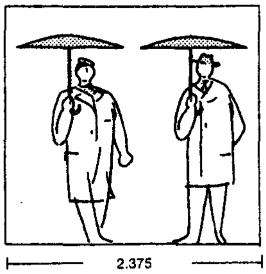
ESPACIO NECESARIO CON BASTÓN Y PARAGUAS



㉑ con bastón



㉒ con paraguas



㉓ dos personas con paraguas

DIMENSIONES BÁSICAS Y PROPORCIONES

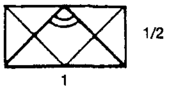
PROPORCIONES GEOMÉTRICAS

El triángulo rectángulo isósceles con una relación 1/2 entre base y altura es el triángulo de la cuadratura → ①.
El triángulo isósceles en el que la base y la altura corresponden a los lados de un cuadrado fue utilizado con éxito por el constructor de catedrales Knauth, para determinar las proporciones de la catedral de Estrasburgo → ②.
El **triángulo** π/4 de A. von Drach → ③ es algo más apuntado que el descrito antes, ya que su altura queda fijada al girar 45° el cuadrado. También fue empleado con éxito por su inventor en detalles e instrumentos. Según los estudios de L. R. Spitzenpfeil, en muchos edificios antiguos se pueden encontrar, además de todas estas formas, las proporciones del octágono. En este último caso se utiliza como base el llamado triángulo diagonal. Su altura es la diagonal del cuadrado construido sobre la semibase → ④ - ⑥.

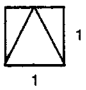
El triángulo equilátero así dibujado → ⑦ tiene una relación entre sus lados de 1:√2. Por ello, el Dr. Porstmann empleó esta relación como base para los **formatos DIN** → pág. 6.

Las series geométricas basadas en esta relación proporcionan los valores correspondientes a un octágono → ④ - ⑥ (serie de las raíces de 1 a 7 → ⑧.
La relación entre las raíces cuadradas de los números enteros se muestra en → ⑨. La modificación de los factores permite emplear las raíces cuadradas para la construcción de elementos arquitectónicos no rectangulares. La Mengeringhausen ha basado su sistema patentado de estructuras espaciales "Mero" en aproximaciones a las raíces cuadradas. El principio es el llamado "caracol" → ⑩ - ⑫. Las imprecisiones del ángulo recto se corrigen mediante las uniones roscadas de las varillas en los nudos. Otra manera de calcular de forma aproximada las raíces cuadradas, para elementos arquitectónicos no rectangulares, la ofrecen las series (→ pág. 45) obtenidas a partir de la fórmula:

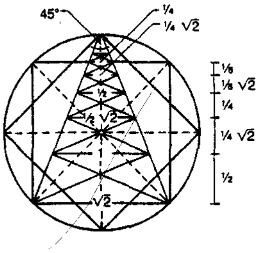
$$G = \sqrt{n} = 1 + \frac{n-1}{1+G} \rightarrow ⑬.$$



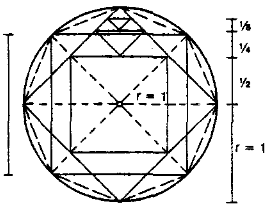
① Triángulo de la cuadratura



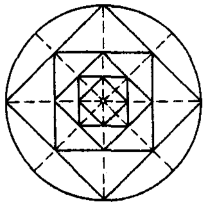
② Triángulo (base = altura)


45°
1/4
1/4 √2
1/8
1/8 √2
1/4
1/4 √2
1/2
1/2
1/2 √2
1
√2

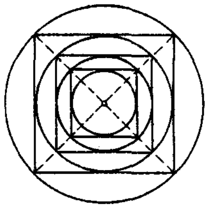
③ Triángulo π/4 según A. von Drach


1/8
1/4
1/2
r = 1
r = 1

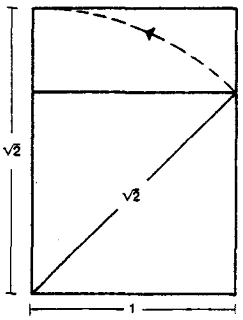
④ Cuadrado obtenidos a partir de un octágono → ④ - ⑥



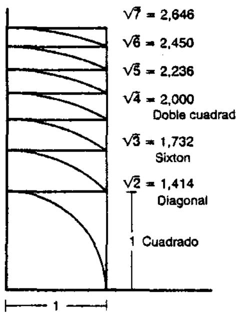
⑤ → ④



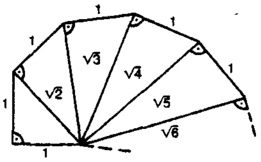
⑥ → ④



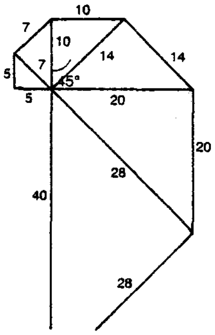
⑦ Rectángulo con razón 1 : √2


√7 = 2,646
√6 = 2,450
√5 = 2,236
√4 = 2,000
Doble cuadrado
√3 = 1,732
Sixton
√2 = 1,414
Diagonal
1 Cuadrado
1

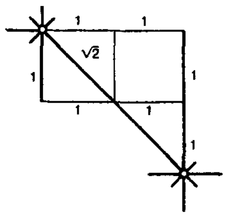
⑧ Serie formada a partir de las raíces cuadradas de números enteros


1
1
1
1
1
1
√2
√3
√4
√5
√6

⑨ Relación entre las raíces cuadradas

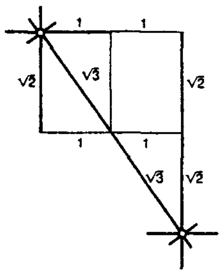

10
7
10
7
14
14
5
5
45°
5
20
20
28
40
28

⑩ Caracol

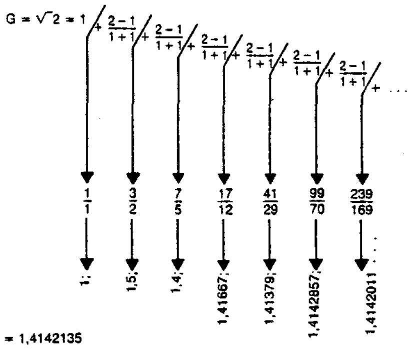


Ejemplos de coordinación no rectangular → pág. 46

⑪ Estructuras espaciales Mero: basadas √2 y √3



⑫ √3

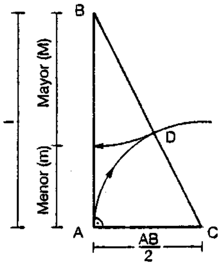

G = √2 = 1 + 2-1/1+1 + 2-1/1+1 + 2-1/1+1 + 2-1/1+1 + 2-1/1+1 + 2-1/1+1 + ...
1/1
3/2
7/5
17/12
41/29
99/70
239/169
1;
1,5;
1,4;
1,41667;
1,41379;
1,4142857;
1,4142011...
√2 = 1,4142135

1	1	1	1
0,5	2	3	1,5
0,6	5	7	1,4
0,58333 ...	12	17	1,41667 ...
0,58621 ...	29	41	1,41379 ...
0,5857143 ...	70	99	1,4142857 ...
0,5857989 ...	169	239	1,4142011 ...
0,5857865 ...		√2	1,4142135 ...

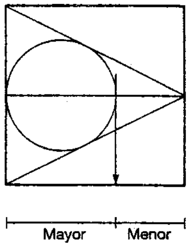
⑬ Serie de razón √2

DIMENSIONES BÁSICAS Y PROPORCIONES

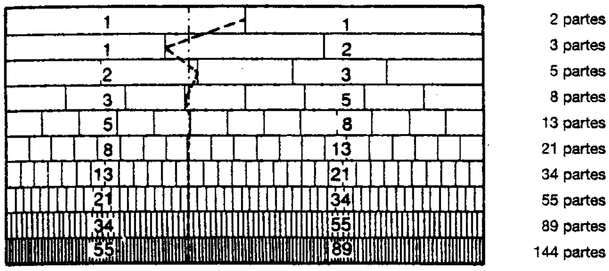
PROPORCIONES GEOMÉTRICAS



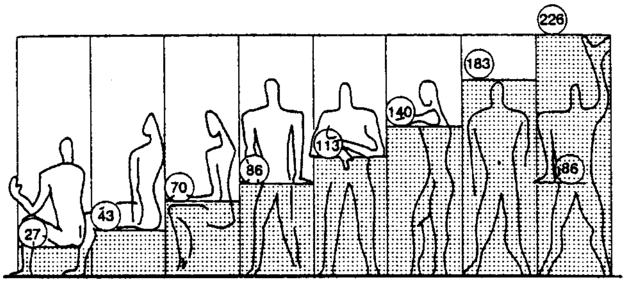
❶ Construcción geométrica de la sección áurea



❷ Relación entre círculo, cuadrado y triángulo



❸ Serie geométrica basada en la sección áurea



❹ Valores numéricos ilimitados

Valores expresados en unidades del Sistema Internacional			
Serie roja: Ro		Serie azul: Az	
Centímetros	Metros	Centímetros	Metros
95280,7	952,8		
58886,7	588,86	117773,5	1177,73
36394	363,94	72788	727,88
22492,7	224,92	44985,5	449,85
13901,3	139,01	27802,5	278,02
8591,4	85,91	17182,9	171,83
5309,8	53,1	10619,6	106,19
3281,6	32,81	6563,3	65,63
2028,2	20,28	4056,3	40,56
1253,5	12,53	2506,9	25,07
774,7	7,74	1549,4	15,49
478,8	4,79	957,6	9,57
295,9	2,96	591,8	5,92
182,9	1,83	365,8	3,66
113	1,13	226	2,26
69,8	0,7	139,7	1,4
43,2	0,43	86,3	0,86
26,7	0,26	53,4	0,53
16,5	0,16	33	0,33
10,2	0,1	20,4	0,2
6,8	0,06	7,8	0,08
2,4	0,02	4,8	0,04
1,5	0,01	3	0,03
0,9		1,8	0,01
0,6		1,1	
etc.		etc.	

❺ Valores numéricos exactos del Modulor según Le Corbusier

La sección áurea

La sección áurea consiste en la división de un segmento l de modo que la relación entre la longitud total y la parte mayor es igual a la existente entre esta y la parte menor.

La sección áurea de un segmento puede determinarse geométricamente o mediante fórmulas:

Para la construcción geométrica se forma un triángulo rectángulo con el segmento a dividir l como cateto largo **AB** y el segmento **AC** (= AB/2) como cateto corto. Se traslada desde el punto **C** la longitud del cateto corto **AC** a la hipotenusa **BC** de este triángulo y se divide esta en los segmentos **BD** y **DC**. El segmento **BD** es la parte mayor **M** del cateto largo dividido. Este segmento **M**, trasladado al cateto largo **AB**, divide **AB** en una parte mayor (**M**) y una parte menor (**m**) → ❶.

Esto significa: $$\frac{\mathbf{l}}{\mathbf{Mayor}} = \frac{\mathbf{Mayor}}{\mathbf{Menor}}$$

La relación de la sección áurea con las proporciones de cuadrado, círculo y triángulo se muestra en → ❷.

La sección áurea de un segmento se puede determinar también mediante la fracción continua G = 1 +1 1/G. Esta es la fracción continua infinita regular más sencilla → ❸.

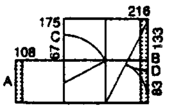
El Modulor

Le Corbusier desarrolló una teoría de proporciones basada en la sección áurea y las proporciones de la figura humana. Determinó tres intervalos de la figura humana que constituyen una sucesión de números áureos denominada serie de Fibonacci: **el pie, el plexo solar, la cabeza, los dedos de la mano alzada** (→ también figura básica de este libro). Inicialmente, Le Corbusier partió de 1,75 m como altura media del ser humano europeo, y la dividió según la sección áurea en las dimensiones 108,2 - 66,8 - 41,45 - 25,4 cm → ❽.

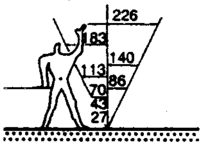
Puesto que esta última medida prácticamente corresponde a diez pulgadas, pudo establecer la conexión con la pulgada inglesa, aunque esta se pierde en las dimensiones mayores. Por ello, más tarde Le Corbusier cambió su altura media a 6 pies ingleses = 1.828,8 mm, y a partir de ella formó la **serie roja** con valores ascendentes y descendentes de números áureos → ❺.

Puesto que los intervalos de esta serie eran demasiado grandes para su aplicación práctica, y partiendo de 2,26 m de altura (punta del dedo de la mano alzada), formó una serie más, la **azul**, que dio como resultado el doble de los valores de la serie roja → ❺.

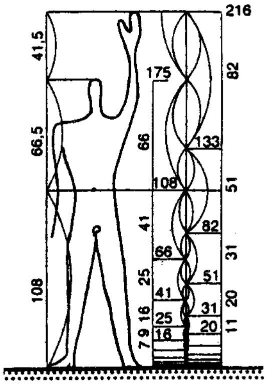
Le Corbusier transformó los valores de las series roja y azul en medidas de aplicación práctica → ❹.



❻
a unidad A = 108
el doble B = 216
la ampliación Ø de A = C = 175
la reducción Ø de B = D = 83



❼ Modulor



❽ Proporciones del cuerpo humano

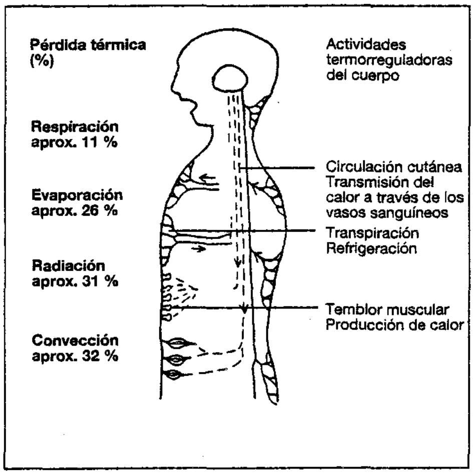
BIOCONS-TRUCCIÓN
Generalidades
Clima interior
Campos electromagnéticos

Directrices de la Asociación Alemana de Bioconstrucción

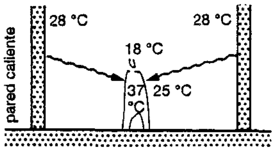
El bienestar térmico se percibe cuando el cuerpo se encuentra en equilibrio térmico; es decir, cuando el cuerpo funciona con una mínima termorregulación. El bienestar térmico se produce cuando el calor generado por el cuerpo es igual a la perdida térmica real hacia el entorno.

Actividades termorreguladoras del cuerpo
Generación de calor: circulación cutánea, aceleración de la velocidad del flujo sanguíneo, vasodilatación, temblores; refrigeración: sudoración.

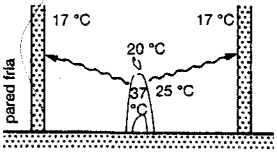
Transmisión de calor entre el cuerpo y su entorno
Corriente de calor interna: flujo de calor desde el interior del cuerpo a la piel, que depende de la circulación. Corriente de calor externa: transmisión de calor a través de los pies; convección (velocidad del aire, aire ambiental y diferencia de temperatura de la superficie del cuerpo cubierta y desnuda); radiación térmica (diferencia de temperatura entre la superficie del cuerpo y las superficies en el entorno); evaporación, respiración (superficie del cuerpo, déficit de presión de vapor entre piel y entorno) → ❶.



❶ Emisión de calor y actividades termorreguladoras del cuerpo humano



❷ Bienestar térmico



❸ Malestar térmico

Contenido en agua del aire g/kg	Grado de adecuación para la respiración	Percepción al respirar
0 hasta 5	Muy bueno	Ligero, fresco
5 hasta 8	Bueno	Normal
8 hasta 10	Suficiente	Aún soportable
10 hasta 20	Insuficiente	Pesado, sofocante
20 hasta 25	Nocivo	Caluroso y húmedo
más de 25	Inapropiado	Insoportable
41	Contenido en agua del aire expulsado 37 °C (100 %)	
más de 41	El agua se condensa en los alveolos pulmonares	

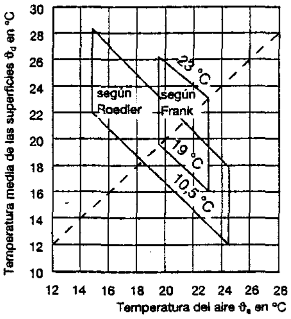
❻ Valores de la humedad del aire para la respiración

Baja temperatura de radiación. Recomendaciones para el diseño del clima ambiental. Temperatura del aire y de las envolventes. En verano, una temperatura de 20-24 °C resulta agradable, mientras que, en invierno, ronda los 21 °C (± 1 °C). La temperatura de las envolventes no debería oscilar más de 2-3 °C respecto a la temperatura del aire. El cambio de temperatura del aire puede equilibrarse cambiando la temperatura superficial (aumento de la temperatura del aire/bajada de la temperatura superficial). En el caso de diferencias demasiado bruscas entre ambas temperaturas, se forman corrientes de aire demasiado fuertes. Las superficies críticas son principalmente las ventanas. Debe evitarse una gran conducción de calor al suelo a través de los pies (temperatura del suelo ≥ 17 °C). El calor y el frío en los pies son sensaciones, no propiedades del suelo. El pie desnudo siente el calor o el frío solo a través del pavimento y su grosor, mientras que el pie calzado lo hace a través de la temperatura del pavimento. La temperatura superficial del techo depende de la altura de la estancia. La temperatura que experimenta el ser humano es más o menos la media entre la temperatura del aire y la de las envolventes.

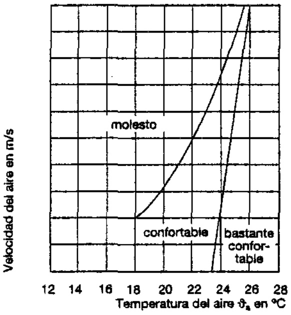
Aire y circulación. La circulación se percibe como corriente que causa el enfriamiento local del cuerpo.

Temperatura del aire y humedad relativa. Se considera que una humedad relativa del 40-50 % resulta agradable. Con menos humedad (≤ 30 %), las partículas del polvo se vuelven volátiles.

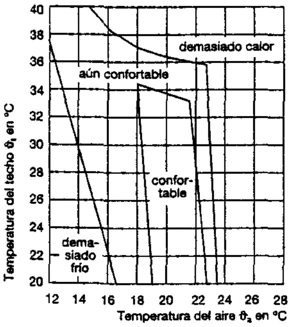
Aire fresco y ventilación. Lo ideal es disponer de una ventilación controlada antes que una casual y continua. El contenido en CO_2 del aire debe renovarse con oxígeno. El contenido de CO_2 por unidad de volumen no debe superar el 0,1 %, por lo que deben producirse unas 2-3 renovaciones del aire por hora. La necesidad de aire fresco del ser humano se cifra en 32 m³/hora. Renovación del aire de viviendas: 0,4-0,8 veces el volumen de la estancia por persona y hora.



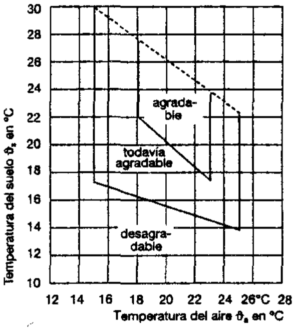
❹ Área de bienestar (temperatura de las envolventes y el aire ambiental)



❺ Área de bienestar (circulación del aire y temperatura del aire ambiental)



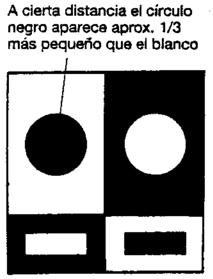
❽ Área de bienestar (temperaturas del techo y del aire ambiental)



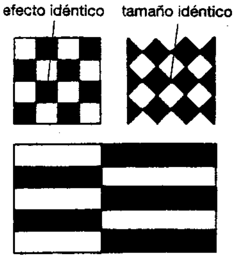
❾ Área de bienestar (temperaturas del suelo y del aire ambiental)

PERCEPCIÓN VISUAL

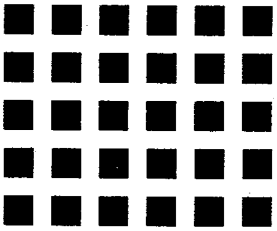
EL OJO


A cierta distancia el círculo negro aparece aprox. 1/3 más pequeño que el blanco

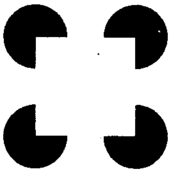
① Un objeto de color negro parece menor que el otro de color blanco del mismo tamaño. Las personas vestidas de negro parecen más delgadas y las vestidas de blanco más gruesas. Lo mismo vale para los elementos de una construcción



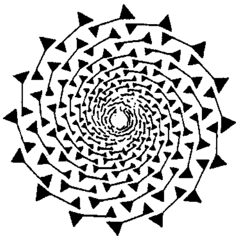
② Para que unas superficies negras y blancas parezcan de igual tamaño, estas últimas han de reducirse convenientemente.
Un color claro junto a uno oscuro hace que este parezca aún más oscuro



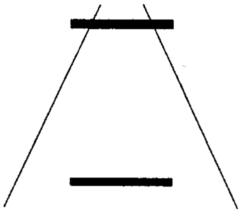
③ ¿Ven también círculos grises entre los cuadrados? Nuestro cerebro "se inventa" los círculos



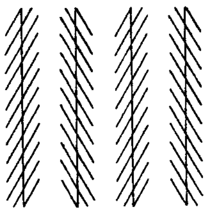
④ Ilusión de la mente: creemos ver un cuadrado blanco porque creemos ver unas líneas exteriores



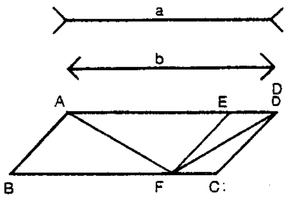
⑤ ¿Una espiral? La imagen está generada a partir de círculos



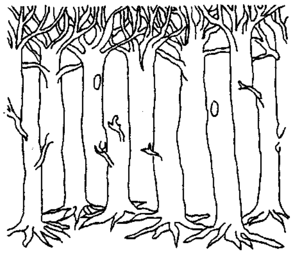
⑥ La franja inferior no es más corta que la superior, es solo un efecto óptico



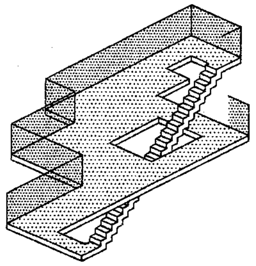
⑦ Las líneas verticales realmente paralelas del dibujo superior parecen converger a causa de la superposición de un rayado en diagonal



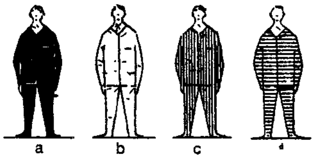
⑧ Los segmentos a y b, debido a la incorporación de flechas en sus extremos, o por su inclusión en distintas superficies, parecen tener una longitud diferente a pesar de ser exactamente iguales: A-F y F-D



⑨ ¿Cuántos árboles hay? Ninguno. No hay ninguna conexión entre los troncos y las copas

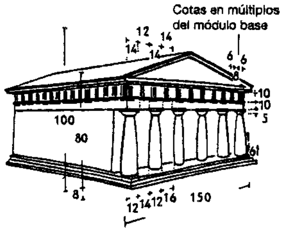


⑩ Representación engañosa con la manipulación de las reglas de la perspectiva

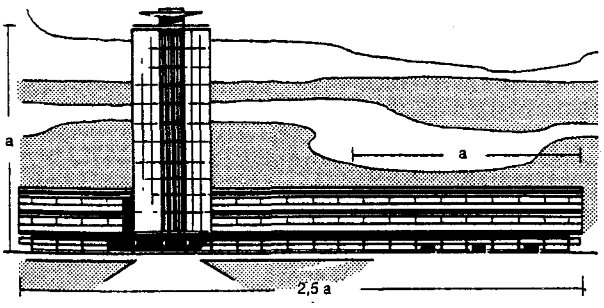


También el color y el dibujo de la indumentaria hacen variar el aspecto de los hombres. El negro da esbeltez → a, ya que este color absorbe la luz. El blanco la resta → b, porque la refleja.

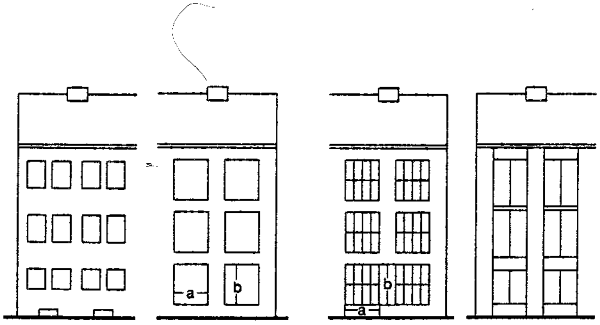
⑪ Las líneas verticales aumentan la altura → c y las líneas horizontales la anchura → d



⑫ Los muros con una ligera inclinación parecen verticales, los peldaños y cornisas con una ligera curvatura hacia arriba parecen horizontales



⑬ Una dimensión en sentido vertical impresiona más a la vista que una idéntica en sentido horizontal

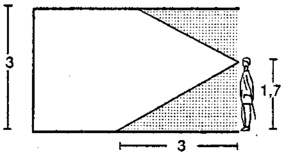


Independientemente de la composición arquitectónica (vertical,horizontal o mixta) → ⑪, la proporción entre huecos y macizos hace variar la noción de escala de un edificio, a pesar de que todos tienen la misma altura y el mismo número de pisos (la carpintería de las ventanas puede ser decisiva en este sentido)

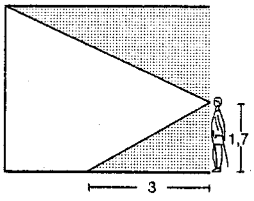
⑭

PERCEPCIÓN VISUAL

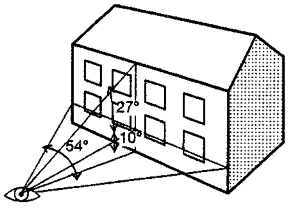
EL OJO



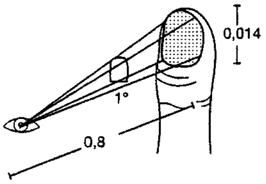
❶ Los espacios bajos pueden percibirse con una sola mirada (imagen en reposo)



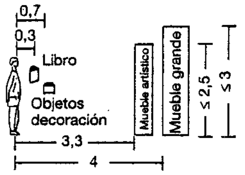
❷ Los espacios altos solo se pueden aprehender moviendo el ojo hacia arriba (imágenes en movimiento)



❸ El ángulo visual, manteniendo inmóvil la cabeza al mover el ojo, abarca 54° en horizontal, 27° hacia arriba y 10° hacia abajo.



❹ El campo del ojo normal fijo abarca un círculo de 1°, es decir, la superficie de la uña del pulgar con el brazo extendido



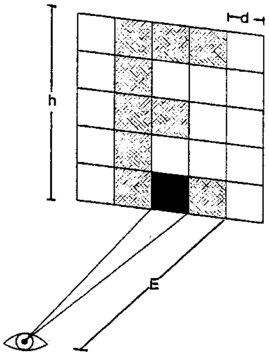
❺ Distancias límite

El ojo solo percibe con exactitud los detalles en un ángulo de 0° 1' = campo de lectura, lo cual condiciona la distancia límite hasta los objetos que se han de distinguir; la distancia máxima E viene dada por la fórmula:

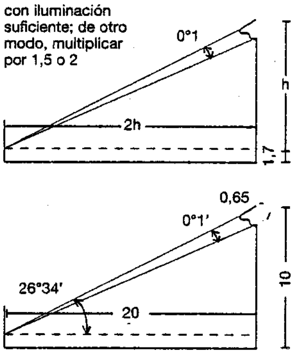
$$E = \frac{\text{objeto d}}{\text{tg } 0°1'}$$

El tamaño mínimo de la pieza módulo d:

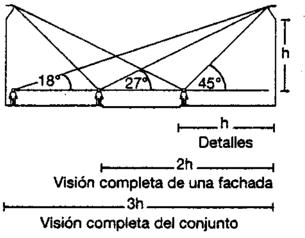
$$d = E \cdot \text{tg } 0°1'$$



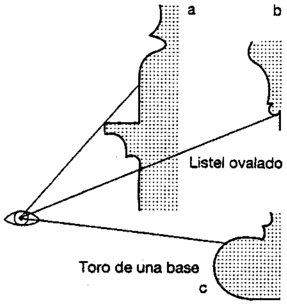
❻ Si un escrito ha de ser legible a una distancia **E**, por ejemplo, 700 m, el grosor de las letras (→ ❺) debe ser, ≥ 7.000 · 0,000291 = 0,0024 m, la altura normal **h** suele ser cinco veces **d** = 5 · 0,204 = 1,020 m


con iluminación suficiente; de otro modo, multiplicar por 1,5 o 2

❼ El tamaño de los elementos arquitectónicos que aún pueden distinguirse se averigua con facilidad una vez calculada trigonométricamente la distancia al punto de vista (→ ❺)



❽ En las calles cuya anchura tenga que permitir una visión completa de las fachadas y una aprehensión de los detalles, se han de tener en cuenta las medidas indicadas en la ilustración



❾ Los elementos por encima de la cornisa y que deban ser visibles, han de elevarse una determinada altura (a) por encima de ella. Los elementos en relieve pueden ofrecer una superficie mayor a la vista deformándolos un poco (b y c)

La actividad del ojo puede dividirse en mirar y observar. Mirar sirve en primer lugar para nuestra seguridad corporal, la observación empieza allí donde concluye el mirar; conduce a disfrutar de las "imágenes" descubiertas por la mirada.

Según el ojo permanezca fijo en un objeto o se mueva a lo largo de él, se distingue entre imagen en reposo e imagen en movimiento.

La imagen en reposo abarca aproximadamente una superficie circular de diámetro similar a la distancia que hay del ojo al objeto. En el interior de este "campo visual" el ojo percibe los detalles "con una sola mirada" → ❸. La imagen en reposo ideal se ofrece en equilibrio. El equilibrio es la primera propiedad de la belleza arquitectónica. (Los fisiólogos investigan la existencia de un sexto sentido, el sentido del equilibrio o sentido estático, en el que también se basaría la sensación de belleza que experimentamos frente a los objetos simétricos y armónicos y frente a las proporciones → págs. 42-45 o frente a aquellas que están en equilibrio).

Más allá de este marco, el ojo percibe sus impresiones a través de imágenes en movimiento.

El ojo en movimiento avanza a lo largo de los obstáculos que encuentra delante de él.

Tales obstáculos, situados a intervalos iguales o irregulares, los percibe el ojo como un ritmo que provoca estímulos parecidos a los que produce la música en el oído ("Arquitectura, música congelada" → Neufert, BOL).

También el efecto que producen los espacios interiores depende de que la imagen esté en reposo o en movimiento → ❶ - ❷:

Un espacio, cuyo límite superior (techo) podamos percibir como una imagen en reposo, produce una sensación de intimidad, mientras que en caso contrario puede provocar un efecto deprimente.

Los espacios con techo alto, que el ojo solo puede percibir moviéndose, producen una sensación de libertad y amplitud, pero es necesario que tanto la separación entre las paredes como las proporciones globales sean concordantes.

En todos estos casos se debe de tener en cuenta que el ojo está sometido a ilusiones ópticas.

El ojo aprecia con mayor precisión la anchura que la profundidad o la altura, estas últimas siempre parecen mayores de lo que son en realidad. Es sabido que una torre contemplada desde arriba parece mucho más alta que vista desde abajo → pág. 51 → ⓭.

Las aristas verticales vistas desde abajo parecen inclinarse hacia adelante, mientras que las horizontales parecen combadas por el centro → pág. 51 → ❶ - ⓮.

Al considerar estos aspectos no debe caerse en el extremo opuesto (barroquismo) y, por ejemplo, potenciar el efecto perspectiva mediante ventanas y cornisas alineadas en diagonal (San Pedro en Roma) o mediante cornisas, cúpulas y otros elementos arquitectónicos simplemente dibujados en perspectiva. Para determinar las dimensiones es decisiva la amplitud del ángulo visual → ❸, los límites del campo visual → ❹ y la diferenciación precisa de los detalles es fundamental la amplitud del campo de lectura → ❺ - ❻.

La distancia desde el ojo hasta el objeto contemplado es la que condiciona el tamaño de los detalles.

Los griegos se adaptaron a estas normas con tanta exactitud que dimensionaron los astrágalos del entablamento en cada uno de los templos de manera que, a una distancia de 27°, llenan el campo de lectura de 0° 1' → ❼ (tal como ha demostrado Maertens en *Der gotische Maßtab*, Berlín, 1884 de cuyos estudios proceden las ilustraciones → ❸ - ❾).

PERCEPCIÓN VISUAL

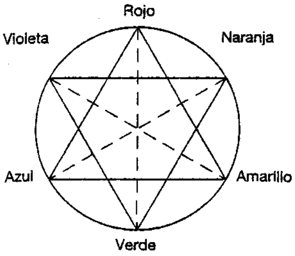
EL HOMBRE Y LOS COLORES

Los colores son fuerzas que actúan en el hombre provocando sensaciones de bienestar o malestar, de actividad o de pasividad. La aplicación de determinados colores en oficinas, fábricas o escuelas puede incrementar o reducir el rendimiento, y en las clínicas puede contribuir a que los pacientes recuperen antes la salud.

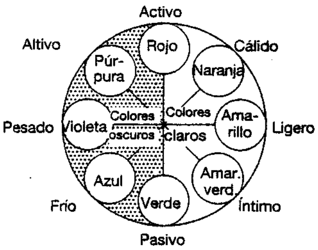
La influencia del color en los hombres tiene lugar indirectamente, a través de su propio efecto fisiológico, para ampliar o reducir un espacio y, así, a través del efecto espacial, oprimir o liberar → ❺ - ❿, y directamente, a través de fuerzas (impulsos) que emanan de cada uno de los colores → ❷ - ❸. El mayor impulso lo posee el color naranja; le siguen el amarillo, el rojo, el verde y el púrpura. En cambio, los de menor fuerza son el azul, el verde azulado y el violeta (colores fríos y pasivos).

Los colores de mayor fuerza solo deben aplicarse en superficies pequeñas, mientras que los más débiles son más apropiados para grandes. Los colores cálidos son activos, excitantes y, en algunos casos, irritantes. Los colores fríos son pasivos, tranquilizadores o íntimos. El verde serena los ánimos. El efecto de los colores depende además de la iluminación y de la situación. Los colores cálidos y claros producen sensación de excitación contemplados desde arriba; de recogimiento desde los lados, y de liviandad desde abajo. Los colores cálidos y oscuros dan sensación de dignidad desde arriba; de cerramiento desde los lados, y de seguridad desde abajo. Los colores fríos y claros producen sensación de luminosidad desde arriba; de alejamiento desde los lados, y de dinamismo desde abajo. Los colores fríos y oscuros producen sensación amenazadora desde arriba; de tristeza desde los lados, y de pesadez desde abajo. El blanco es el color de la absoluta pureza, limpieza y orden. En la composición cromática de un espacio, el color blanco desempeña un papel fundamental tanto para separar y neutralizar otros grupos de colores como para animar y organizar un espacio.

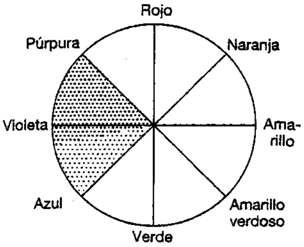
El blanco, como color ordenador, se emplea para delimitar superficies de almacenamiento y aparcamiento, y también para señalizaciones en la calzada.



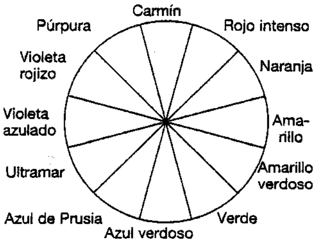
❶ El círculo de los colores naturales (según Goethe): rojo-azul-amarillo = colores básicos; verde-naranja-violeta = colores secundarios (que se obtienen mezclando dos a dos los colores básicos)



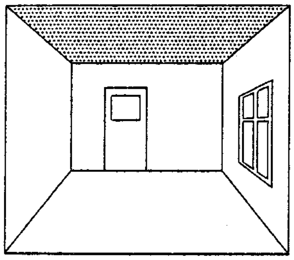
❷ Colores oscuros y claros y su efecto en el hombre



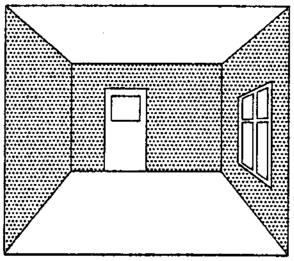
❸ Colores pesados y livianos. (No son equivalentes a los oscuros y claros → ❷, ya que la sensación de pesadez o liviandad depende de la proporción de rojo básico, además de la oscuridad relativa)



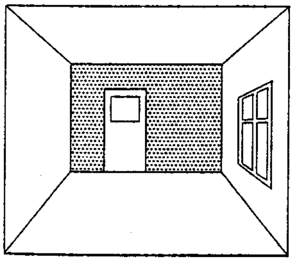
❹ El círculo de los doce colores primarios



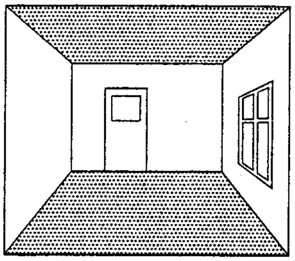
❺ Las habitaciones parecen más bajas cuando el techo se acentúa con un color oscuro



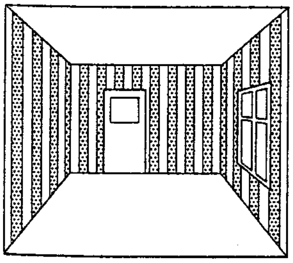
❻ Unas paredes laterales y de fondo con color amplían el espacio hacia arriba y hacia abajo



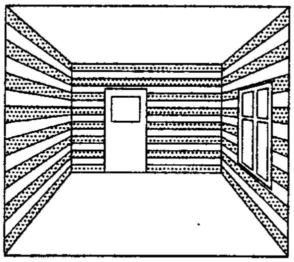
❼ Los espacios alargados parecen más cortos cuando las paredes transversales se resaltan con un color más oscuro



❽ Las estancias parecen más bajas y amplias cuando suelo y techo presentan un color más vivo que las paredes



❾ Las bandas verticales alargan las paredes

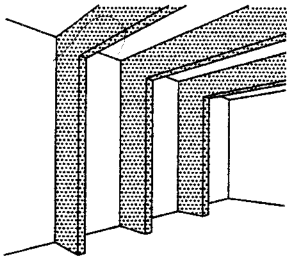


❿ Las bandas horizontales amplían las paredes y hacen que el espacio resulte más bajo

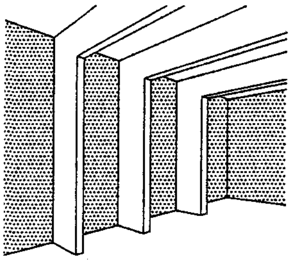
Claridad relativa de las superficies
Valores respecto al blanco teórico (100 %) y al negro absoluto (0 %)

Papel blanco	84	Azul turquesa puro	15
Blanco de cal	80	Verde hierba	aprox. 20
Amarillo limón	70	Verde tilo, pastel	aprox. 50
Tono marfil	aprox. 70	Gris plata	aprox. 35
Tono crema	aprox. 70	Gris revoco de cal	aprox. 42
Amarillo oro puro	60	Gris hormigón seco	aprox. 32
Amarillo paja	60	Mad. contrachapada	aprox. 38
Ocre claro	aprox. 60	Ladrillo amarillo	aprox. 32
Amarillo cromo puro	50	Ladrillo rojo	aprox. 18
Naranja puro	25-30	Ladrillo refractario	aprox. 10
Marrón claro	aprox. 25	Baldosa blanca	aprox. 50
Beis puro	aprox. 25	Piedra de color medio	35
Marrón medio	aprox. 15	Asfalto seco	aprox. 20
Rosa salmón	aprox. 40	Asfalto mojado	aprox. 5
Rojo escarlata	16	Roble oscuro	aprox. 18
Rojo cinabrio	20	Roble claro	aprox. 33
Rojo carmín	10	Nogal	aprox. 18
Violeta puro	aprox. 5	Mad. de abeto claro	aprox. 50
Azul claro	40-50	Lámina aluminio	83
Azul celeste	30	Chapa acero galvanizado	16

⓫ Claridad relativa de las superficies



⓬ Los elementos oscuros sobre un fondo blanco dan sensación de mayor relieve



⓭ Los elementos claros sobre un fondo oscuro parecen más livianos

VII. Características técnicas

1. ¿Qué tipo de subsuelo hay?
2. ¿Se han efectuado estudios geotécnicos? ¿En qué puntos? ¿Qué resultados se han obtenido?
3. ¿Cuál es la resistencia del terreno?
4. ¿A qué profundidad se encuentra normalmente el nivel freático? ¿Hasta dónde puede subir?
5. ¿Ha existido alguna construcción en el solar? ¿Cómo era? ¿Cuántos pisos tenía? ¿Qué profundidad tenía el sótano?
6. ¿Qué tipo de cimentación parece la más adecuada?
7. ¿Cómo se construirá el edificio? En particular:
   Solera del sótano: ¿Tipo? ¿Carga máxima?
   ¿Revestimiento? ¿Pintura de protección? ¿Impermeabilización frente al agua del subsuelo?
   Forjado de la planta baja: ¿Material? ¿Carga máxima? ¿Con qué? ¿Revestimiento?
   Forjado de la primera planta: ¿Tipo? ¿Carga máxima? ¿Con qué? ¿Revestimiento?
   Cubierta: ¿Tipo? ¿Carga máxima? ¿Con qué? ¿Revestimiento? ¿Pintura de protección? ¿Canalón? ¿Bajantes en el interior o en el exterior?
8. ¿Qué tipo de aislamiento se ha de colocar? ¿Contra el ruido? ¿En vertical? ¿En horizontal? ¿Contra las vibraciones? ¿Contra el calor? ¿En vertical? ¿En horizontal?
9. ¿Cómo serán los pilares? ¿Cómo será el cerramiento perimetral? ¿Cómo serán las divisiones interiores?
10. ¿Cómo se construirá la escalera? ¿Qué cargas recibirá?
11. ¿Cómo serán las ventanas? ¿De acero? ¿De madera? ¿De PVC? ¿De aluminio? ¿Qué tipo de acristalamiento? ¿Doble, sencillo o con cámara de aire? ¿Abrirán hacia adentro o hacia afuera?
12. ¿Cómo serán las puertas? ¿De acero? ¿De madera contrachapada? ¿Correderas? ¿Resistentes al fuego? ¿Con picaporte? ¿Con cerradura?
13. ¿Qué sistema de calefacción se empleará? ¿Qué tipo de combustible? ¿Cuánto tiempo deben durar las reservas de combustible? ¿Gasoil? ¿Electricidad? ¿Extracción de cenizas? ¿Depósito para las cenizas? ¿Cisterna de agua de lluvia para llenar la instalación?
14. ¿Cómo será la instalación de agua caliente? ¿Qué cantidad se necesitará? ¿A qué horas? ¿Dónde? ¿Cuál es la dureza del agua de la red de suministro? ¿Se instalará un purificador?
15. ¿Cómo será el sistema de ventilación? ¿Cuál será el tiempo de renovación del aire? ¿En qué salas? ¿Es necesario un extractor de gases y humos?
16. ¿Habrá un sistema de refrigeración? ¿De qué tipo?
17. ¿Cómo es el abastecimiento de agua? ¿Ø de la canalización? ¿Ø de las bocas de incendio? ¿Cuál es la presión del agua? ¿Experimenta grandes variaciones? ¿Cuáles? ¿Precio del m^3 de agua? ¿Se colocarán grifos en el exterior?
18. ¿Cómo se evacuan las aguas residuales? ¿Conexión a la red pública de alcantarillado? ¿Dónde? ¿Qué Ø tiene la canalización principal? ¿A qué profundidad está? ¿A dónde va a parar? ¿Se puede construir un pozo negro? ¿Está permitido? ¿Balsa propia de depuración? ¿Solo por medios mecánicos o también biológicos?
19. ¿Qué Ø tiene la canalización de gas? ¿Qué poder calorífico? ¿Precio del m^3? ¿Hay tarifa reducida para grandes consumos? ¿Normativa especial para la instalación de gas? ¿Ventilación?
20. ¿Cómo será el alumbrado? ¿Tipo de corriente? ¿Tensión nominal? ¿Posibilidades de conexión? ¿Límite de consumo? ¿Precio del kW para luz? ¿Y para fuerza? ¿Tarifa nocturna? ¿Durante qué horas? ¿Rebaja para grandes consumos? ¿Estación transformadora? ¿Generador propio? ¿Diesel, turbina de vapor o molino de viento?
21. ¿Cómo será la instalación telefónica? ¿Automática? ¿Centralita? ¿Cabinas? ¿Dónde?
22. ¿Señales de llamada? ¿Acústicas? ¿Luminosas?
23. ¿Tipo de ascensores? ¿Cargas máximas? ¿Descarga a nivel del suelo o a través de una plataforma? ¿Velocidad? ¿El cuarto de maquinaria estará arriba o abajo?
24. ¿Qué otros medios de transporte deben instalarse? ¿Dimensiones? ¿Recorrido? ¿Capacidad? ¿Correo neumático?
25. ¿Vertederos y tolvas? ¿Dónde? ¿Tamaño? ¿Para qué tipo de residuos? ¿Incineración de basuras? ¿Prensa de papel?
26. Etcétera.

VIII. Documentación necesaria para el proyecto

1. ¿Se ha comprobado la inscripción del solar en el Registro de la Propiedad? ¿Existe una copia? ¿Contiene algún dato a tener en cuenta en el proyecto?
2. ¿Tenemos un plano de la localidad? ¿Lo hemos encargado? ¿Están indicadas las vías de circulación y los medios de transporte?
3. ¿Tenemos un plano de situación? ¿Lo hemos encargado? ¿Es de alguna entidad oficial?
4. ¿Tenemos un plano topográfico? ¿Lo hemos encargado?
5. ¿Tenemos un plano con la red de suministro de agua?
6. ¿Tenemos un plano con la red pública de saneamiento?
7. ¿Tenemos un plano con la red de suministro de gas?
8. ¿Tenemos un plano con la red de suministro de electricidad? ¿Es subterránea o aérea?
9. ¿Se ha fotografiado el entorno? ¿Conocemos el sistema constructivo de los edificios circundantes?
10. ¿Se han señalizado los puntos de referencia utilizados en el plano topográfico?
11. ¿Se necesita un plano de desmontes y nivelación del terreno?
12. ¿Dónde se ha de solicitar la licencia de obras? ¿Cuántas copias del proyecto se han de entregar? ¿Tamaño de los dibujos? ¿Fotocopias? ¿Encuadernadas? ¿Azul? ¿Rojo? ¿Cómo se han de colorear los planos?
13. ¿Qué requisitos han de cumplir los cálculos de la estructura? ¿Quién se encargará de supervisar los planos? ¿Quién es el máximo responsable?

IX. Documentos de contrata

1. ¿A qué distancia de la estación de mercancías se encuentra la obra?
2. ¿Existe un ramal de enlace hasta la obra? ¿Es de ancho normal o de vía estrecha? ¿Cuáles son las posibilidades de descarga?
3. ¿En qué estado se encuentran las vías de acceso rodado?
4. ¿Qué almacenes existen para el material suministrado? ¿Cuántos m^2 al aire libre? ¿Cuántos a cubierto? ¿A qué nivel respecto de la obra? ¿Pueden trabajar varios contratistas a la vez sin molestarse?
5. ¿Se encarga el propio cliente de contratar determinados trabajos y el suministro de algunos materiales? ¿Cuáles? ¿Limpieza de la obra? ¿Vigilancia? ¿Trabajos de jardinería?
6. ¿Se pueden efectuar pagos por adelantado? ¿Qué plazos se han fijado?
7. ¿Cuáles son los materiales que más se utilizan en el lugar? ¿Cuáles son especialmente baratos? ¿Cuánto cuestan?

X. Plazos de entrega

1. ¿Croquis para discutir con los colaboradores?
2. ¿Croquis para discutir con el cliente?
3. ¿Anteproyecto (a qué escala) con presupuesto estimativo?
4. ¿Proyecto (a qué escala)?
5. ¿Presupuesto?
6. ¿Entrega de los planos y documentación necesaria para solicitar la licencia de obra?
7. ¿Duración prevista de los trámites para obtener el permiso de construcción? ¿Qué camino recorren? ¿Hay posibilidad de acelerarlos?
8. ¿Proyecto de ejecución?
9. ¿Comienzo del concurso de adjudicación?
10. ¿Fecha máxima de recepción de ofertas?
11. ¿Adjudicación de la obra? ¿Plazos de ejecución de las obras?
12. ¿Inicio de las obras?
13. ¿Entrega provisional de la obra?
14. ¿Entrega definitiva de la obra?
15. ¿Liquidación de cuentas?

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

USO, DEMOLICIÓN

Existen diversos criterios fundamentales para una arquitectura sostenible:

- la relación del proyecto con el lugar y el programa
- la actualidad y autenticidad de lo proyectado
- estructuras eficientes y útiles
- la durabilidad de las construcciones y los materiales
- la fidelidad al material y la capacidad de envejecimiento de los materiales utilizados
- la variabilidad dentro del uso
- un posible cambio de uso en caso de necesidad

A la construcción de edificios con un gran gasto de materias primas y energía le siguen generalmente largos períodos de aprovechamiento; es por ello que en esta etapa del ciclo de vida de un edificio debe ponerse una gran atención.

Una parte importante del consumo de energía y de materias primas se produce durante el uso de edificios mediante aparatos técnicos e instalaciones. Los edificios de nueva planta siempre deben proyectarse acordes al estado actual de la técnica; los edificios existentes deben evaluarse con regularidad para plantear posibles y necesarias puestas al día (aislamiento térmico, instalaciones, etc.) y para poder garantizar un funcionamiento económico.

Además de la durabilidad y la longevidad de las instalaciones, deben tenerse en cuenta los mecanismos y métodos para el ahorro de recursos. Idealmente deben utilizarse círculos cerrados para poder aprovechar o reutilizar agua y energía.

Se debe aspirar a conseguir:

- Salubridad y bienestar en la fase de uso.
- Minimización del consumo de energía y esfuerzos de funcionamiento y manutención, esfuerzo reducido para la limpieza (en parte autolimpiable, para, p. ej., fachadas y cubiertas).
- Minimización del esfuerzo para inspección y revisión.

Calefacción	Agua caliente sanitaria
– Planificación óptima de los sistemas de regulación y control – Consideración de la radiación solar según las fachadas agrupando las instalaciones de calefacción en el proceso de regulación automática – Diferentes controles parciales del edificio con exigencias diferentes – Conceptos ampliados de regulación en el caso de espacios flexibles – Definición de valores prescritos por espacios y especificación del programa temporal	– Estudiar si se prescinde del agua caliente – Para el suministro restante con agua caliente: cumplir las normas vigentes de higiene para el agua de consumo, un consumo razonable de agua y energía y la optimización de los costes del sistema y funcionamiento – Analizar las posibilidades de calentamiento solar del agua caliente para usos sanitarios

❶ Posible ahorro de energía

Iluminación	Calefacción, refrigeración	Climatización	Aparatos eléctricos
Aprovechamiento máximo de la iluminación natural Luminarias con coeficiente de rendimiento elevado Balastos electrónicos para tubos fluorescentes Control electrónico de iluminación Iluminación leve de exteriores	Bombas de circulación autorreguladoras de bajo consumo energético Protección térmica en verano mediante elementos arquitectónicos Cálculo de cargas térmicas para las instalaciones de climatización necesarias	Reducción del caudal de ventilación al mínimo necesario Red de conductos estancos con caída de presión reducida Ventiladores y motores con alto coeficiente de rendimiento	Aparatos de bajo consumo energético (en funcionamiento normal y en estado de reposo) Aparatos con interruptor para la desconexión de la red (si el funcionamiento técnico lo permite)

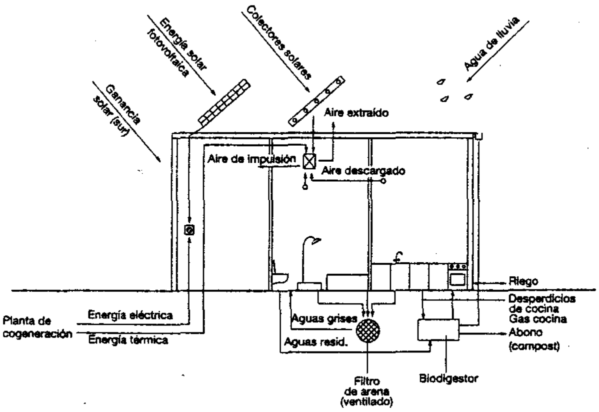
❷ Posible ahorro de energía eléctrica

Criterios ecológicos	Contaminación por tratamiento de escombros Contaminación por transportes Emisión de sustancias nocivas para la salud Emisiones con consecuencias globales (degradación capa de ozono, acidificación, efecto invernadero) Ruido, emisión de polvo Consumo de terreno Empleo de materiales nuevos Demanda energética para el proceso de eliminación Identificación y separación de lotes contaminados Residuos y su eliminación
Evitar la contaminación por sustitución de procesos de nueva producción	Transportes para la nueva producción Emisión de sustancias nocivas para la salud Consumo de terreno Uso de recursos renovables y no renovables Minimización de la demanda energética para la producción de materiales de construcción Residuos en la producción de materiales de construcción y su eliminación
Consecuencias por aprovechamiento térmico	Coeficiente de rendimiento de combustión de los residuos de materiales de construcción producidos
Criterios económicos	Normas, su aplicación y recrudecimiento Aceptación del producto resultado del tratamiento de escombros Capacidades necesarias Costes
Criterios técnicos	Aprovechamiento de alta calidad Factibilidad técnica

❸ Evaluación de los procesos de eliminación

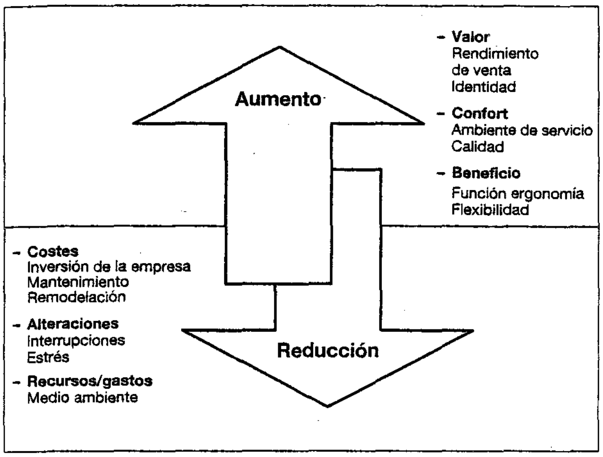
1.	Evitación Reutilización (p. ej., vigas de acero, ladrillos, etc.) Reutilización (p. ej., prefabricados con nueva función)
2.	Aprovechamiento Reutilización (reciclaje), p. ej., piezas de hormigón como árido reciclado Reutilización (infraciclaje), p. ej., calizas arenosas como relleno Incineración, p. ej., elementos constructivos de madera
3.	Eliminación Compostaje Depósito

❹ Vías de gestión de residuos (fundamentos del reciclaje)

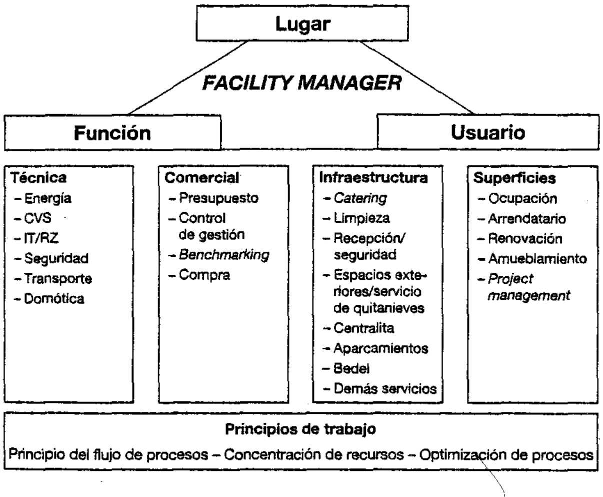


❺ Aplicación de ciclos mediante el ejemplo de un complejo residencial en Friburgo-Vauban
Arq: Common & Gies

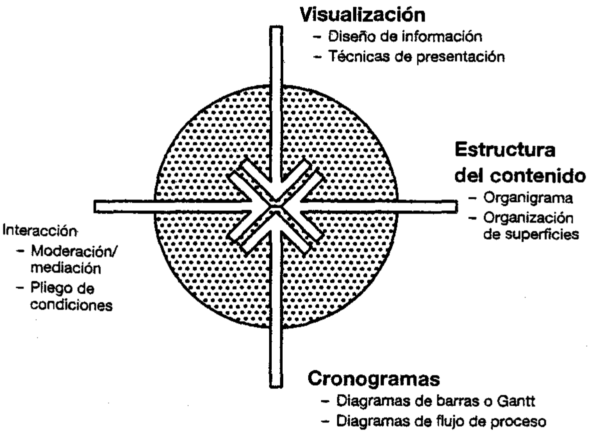
DIN 32736
DIN 18960
GEFMA 100
GEFMA 130


Aumento
- Valor
Rendimiento
de venta
Identidad
- Confort
Ambiente de servicio
Calidad
- Beneficio
Función ergonomía
Flexibilidad
- Costes
Inversión de la empresa
Mantenimiento
Remodelación
- Alteraciones
Interrupciones
Estrés
- Recursos/gastos
Medio ambiente
Reducción

① Factores que se determinan y dirigen mediante el *facility management*


Lugar
FACILITY MANAGER
Función
Usuario
Técnica
- Energía
- CVS
- IT/RZ
- Seguridad
- Transporte
- Domótica
Comercial
- Presupuesto
- Control de gestión
- Benchmarking
- Compra
Infraestructura
- Catering
- Limpieza
- Recepción/ seguridad
- Espacios exteriores/servicio de quitanieves
- Centralita
- Aparcamientos
- Bedel
- Demás servicios
Superficies
- Ocupación
- Arrendatario
- Renovación
- Amueblamiento
- Project management
Principios de trabajo
Principio del flujo de procesos – Concentración de recursos – Optimización de procesos

② Los cuatro pilares del *facility management*


Visualización
- Diseño de información
- Técnicas de presentación
Estructura del contenido
- Organigrama
- Organización de superficies
Interacción
- Moderación/ mediación
- Pliego de condiciones
Cronogramas
- Diagramas de barras o Gantt
- Diagramas de flujo de proceso

③ Métodos del *facility management*

Una nueva especialidad

Se denomina *facility manager* (*facility*, del inglés: instalaciones empresariales) al gestor profesional del funcionamiento de todo el edificio que se hace cargo de todas las tareas técnicas delegadas por el propietario.

Este tipo profesional, que tiene su origen en Estados Unidos, sufrió un fuerte desarrollo a finales del siglo xx comparado con la tendencia de la mayor parte de las profesiones relacionadas con el mercado inmobiliario. Los orígenes se generaron en la planificación de la ocupación de superficies (gestión de superficies). La *facility management* (FM) evolucionó a partir de profesiones relacionadas como arquitectos, ingenieros de instalaciones o servicios de infraestructura.

Con un buen uso de la FM puede ahorrarse hasta el 30 %, comparado con la gestión tradicional de edificios. Ya que, en el ciclo de vida total, los gastos de explotación originan alrededor de un 80 % de los costes totales, se impone rápidamente la FM como disciplina clave en la gestión sostenible de arquitectura → ①.

El principio rector de la FM es centralizar y optimizar muchos servicios relacionados con el edificio y sus usuarios, que generalmente ya existían, pero que estaban organizados de modo disperso.

El arquitecto establece las bases para una FM exitosa; por ello, es el consorte más importante para el trabajo del *facility manager*, o a la inversa, es el arquitecto quien reúne los mejores requisitos para hacerse cargo de las tareas de esta especialidad.

Organización y aspectos de servicio al cliente

La FM se basa en el denominado modelo de los cuatro pilares → ②. En él se describen las especialidades y se ordenan de acuerdo con las cualificaciones heterogéneas. El *facility manager* es, por tanto, un generalista especializado que gestiona el resto de las disciplinas. En tanto que gestor de edificios para los clientes y nexo consultor general, y debido al amplio abanico de disciplinas que inciden en la FM, es necesario presentar de un modo fácilmente comprensible temas técnicos complejos con todas sus consecuencias, y conseguir tomar decisiones congruentes.

Similar a la tarea del arquitecto, otra de las particularidades de la profesión es la gran gama de temas que debe abordar, desde los estratégicos e intelectuales hasta los operativos y prácticos, de modo que el *facility manager* debe tener la cualificación necesaria para dirigirse de manera conveniente a profesionales que requieren tratos diferentes. Por ello, la esencia de la profesión es tener cualidades como moderador, gestor y dotes de liderazgo, además de cualidades éticas y filosóficas como, por ejemplo, autenticidad e integridad personal, y estar capacitado para la gestión persistente de edificios complejos.

Métodos de gestión

Los métodos de trabajo relevantes en la FM no provienen de las obras reglamentarias del mundo de la construcción, sino de la industria técnica (como la automovilística o la aeronáutica). Los bancos de datos de edificios, la base para todos los procesos de planificación y funcionamiento, y los planos del edificio configurados según aspectos diferentes (CAFM: soporte informático de la FM) derivan de los instrumentos modernos de las disciplinas de arquitectura, dibujo, licitación y memoria de calidades detallada para cada aspecto del proyecto → ②.

Para la preparación de proyectos y la toma de decisiones, en la FM se emplean parámetros similares a los métodos de gestión de las industrias antes mencionadas:

- Elaboración de alternativas y escenarios con análisis de los costes totales.
- Gestión compleja de calidad y riesgos.
- Moderación y mediación con fundamento psicológico.
- Infografía concisa de informaciones abstractas, diversas y complejas.

MODIFICACIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL PATRIMONIO HISTÓRICO

Se denominan conservación y restauración del patrimonio histórico todas aquellas medidas que tienen como objetivo la conservación de bienes culturales en su estado original. El objetivo es la conservación y transmisión de edificios existentes considerados de valor histórico, para conservar con ellos una memoria cultural que puede aportar identidad y sostenibilidad en forma de recurso histórico. En la *Carta de Venecia* de 1964 se establecieron los fundamentos más importantes.

Los edificios del patrimonio monumental solo pueden conservarse atribuyéndoles un uso razonable, y siempre debe alcanzarse un acuerdo entre la conservación y el cambio.

Conservación y restauración públicas del patrimonio histórico

Los deberes de las instituciones públicas de conservación y restauración del patrimonio histórico abarcan la evaluación, el registro (inventario), la conservación y la divulgación de monumentos históricos.

La investigación básica de las ciencias naturales, la conservación y el fomento de habilidades artesanales tradicionales, el asesoramiento técnico de promotores y empresas constructoras y la información pública en forma de publicaciones, exposiciones y conferencias son otras tareas de la conservación y restauración del patrimonio histórico.

En los catálogos de monumentos históricos se enumeran todos los bienes protegidos. Para cada uno de ellos se debe justificar su valor como monumento histórico. Los criterios de valoración se basan en la importancia histórica, artística, urbanística, científica, técnica o folclórica del monumento → ①. Según la legislación de cada país, se distinguen los catálogos de monumentos históricos como listados constituyentes o declaratorios, pág. 64 → ③.

La determinación de cuál es el valor patrimonial primordial conduce a enfoques contradictorios en la conservación del estado actual o del restablecimiento del estado original de un monumento → ②.

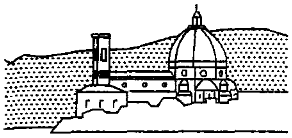
El enfoque de restauración tiene como meta el restablecimiento de un cierto estado histórico del edificio, aunque suponga la eliminación de algunas huellas históricas. En el caso de reconstrucción de elementos constructivos a partir de documentación original insuficiente, se corre el riesgo de caer en una interpretación historicista.

La conservación del estado actual (enfoque conservador) hace visibles la evolución y el uso histórico; es decir, el transcurso de la historia, pero asume que se deje poco clara la forma original.

Ambas posturas tienen su razón de ser, pero a menudo se defienden dogmáticamente. No obstante, deberían ser discutidas y establecidas según cada uno de los casos y con relación al objeto en cuestión, ya que determinan consecuencias importantes en el trato del monumento. El razonamiento del enfoque exclusivamente conservador admite la evolución histórica con anexos y reformas modernas, pero se encuentra con el dilema de que cada acción constructiva supone también la destrucción de cierto material histórico.

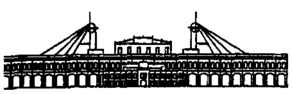
Conservación y restauración del patrimonio arqueológico del suelo

La conservación y restauración del patrimonio arqueológico del suelo tiene como fin la protección de huellas humanas en el territorio (yacimientos arqueológicos). Al contrario de los edificios que son monumentos históricos, están protegidos todos los yacimientos conocidos e incluso los no descubiertos. Siempre que sea posible deberán conservarse en el suelo como "archivo", ya que cada exploración o excavación completa supone su destrucción y se priva, por tanto, del examen con métodos futuros más precisos. Si no es posible la conservación, el causante se hará cargo del rescate y la documentación (excavaciones arqueológicas). Esta obligación también se extiende a yacimientos descubiertos durante una obra de edificación.


Catedral de Florencia

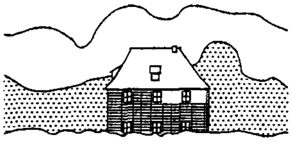
Importancia artística

Edificio como:
- obra artística individual
- ejemplo característico de un estilo arquitectónico


Mina

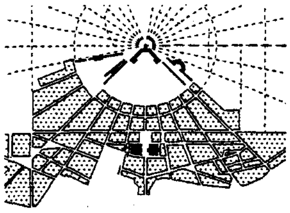
Importancia tecnicocientífica

Edificio como ejemplo de:
- construcción especial o ejecutada por primera vez
- ejecución artesanal especial
- estado original inalterado de construcciones o ejecuciones típicas


Casa de campo de Goethe

Importancia histórica

El edificio como lugar de:
- importantes acontecimientos históricos
- la obra de personalidades importantes (casa natal, vivienda, casa donde falleció)


Planta de la ciudad de Karlsruhe

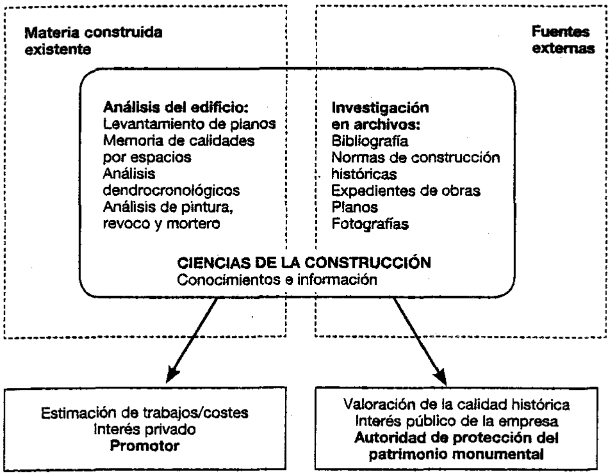
Importancia urbanística

Edificio como parte de:
- un conjunto urbano uniforme
- del crecimiento de una ciudad a lo largo de la historia
- una estructura típica de pueblo

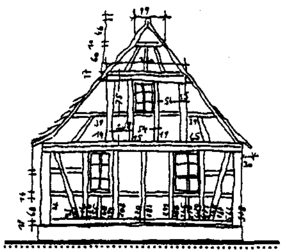
① Criterios para la evaluación de bienes inmuebles históricos

	conservador	restaurador
Punto de vista	histórico documental relativo al material	artístico estético relativo a forma y función
Bienes que deben protegerse	**Material** Material original con todos los cambios históricos como medio de la calidad histórica y arquitectónica	**Expresión** Expresión visual/idea artística como medio de la calidad arquitectónica
Objetivos de las medidas de conservación del patrimonio	En la medida de lo posible, conservar el material en el estado histórico legado Visualizar la historia	Aclarar, desvelar y reconstruir el estado original
Tipo de medida	**Preservar mediante la conservación** Inspección continua de la obra Arreglo inmediato de los pequeños daños en técnica original	**Reconstrucción** Arreglo, y posible demolición, hasta restablecer el estado original
Reconstrucción de bienes destruidos	Ilícito, como máximo en forma de la anastilosis (volver a colocar en su sitio el material original derruido)	Reconstrucción como restablecimiento del aspecto original según fuentes de archivo
Anexos y reformas contemporáneas	Difícil, pues la actualización está implícita en el enfoque de conservación, pero es apenas posible sin destrucción de material histórico	Difícil, pues compite con la expresión artística original
Crítica	Solo legible para expertos. Los edificios deformados se conservan. Cambios de uso, reformas y modernizaciones se admiten como parte de la evolución histórica, apenas factible en caso de interpretación ortodoxa (¡sin destrucción de material histórico!).	Ignorar la evolución histórica Destrucción de adiciones posteriores de valor artístico En caso de pocas fuentes históricas: peligro de invención pseudohistórica. Conflicto frecuente: ¿qué estados históricos deben sacarse a la luz?

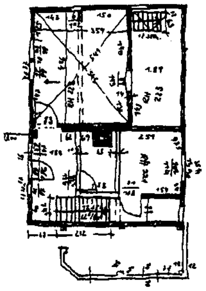
② Diferentes posturas y consecuencias para la restauración y la conservación


Materia construida existente
Fuentes externas
Análisis del edificio:
Levantamiento de planos
Memoria de calidades por espacios
Análisis dendrocronológicos
Análisis de pintura, revoco y mortero
Investigación en archivos:
Bibliografía
Normas de construcción históricas
Expedientes de obras
Planos
Fotografías
CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN
Conocimientos e información
Estimación de trabajos/costes
Interés privado
Promotor
Valoración de la calidad histórica
Interés público de la empresa
Autoridad de protección del patrimonio monumental

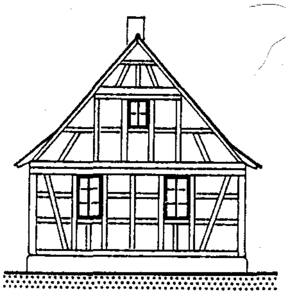
① Las investigaciones constructivas y la documentación ofrecen al promotor la seguridad de planificación y costes, y a las autoridades de protección del patrimonio monumental criterios para evaluar las medidas de protección y las ayudas económicas



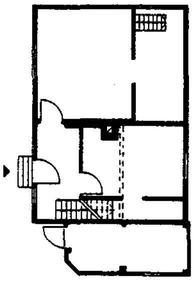
② Levantamiento de planos: croquis acotado



③ Levantamiento de planos: planta edificio existente, croquis



④ Levantamiento de planos: alzado edificio existente



⑤ Levantamiento de planos: planta edificio existente, plano base

	Escalas	
I	1:100	Esquema de la tipología del edificio y de la distribución de la planta, estimación de superficies y análisis de uso; estos datos son suficientes para medidas que no influyen en la composición del edificio
II	1:50 Precisión ± 10 cm	Registro más preciso de la geometría, ordenación de la posición vertical de las plantas, representación de la estructura
III	1:50 Precisión ± 2,5 cm	Levantamiento métrico descriptivo preciso como base para la restauración, el proyecto de ejecución y estudios científicos
IV	1:25-1:10 Precisión ± 2 - 0,5 cm	Levantamiento métrico descriptivo exacto para edificios con mayores exigencias científicas y técnicas para ejecución
V	1:25-1:1 Precisión ± 2 - 0,1 cm	Levantamiento métrico descriptivo para arqueología y construcción en edificios y bienes especialmente exigentes

⑥ En DIN 1356 (parte 6) solo se definen los grados de precisión 1 y 2. En proyectos de protección del patrimonio difíciles y en estudios científicos, estos se pueden ampliar hasta sumar 5 grados.

MODIFICACIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES

TOMA DE DATOS DE EDIFICIOS EXISTENTES

Toma de datos de edificios

Una documentación gráfica y escrita del estado existente es una base determinante de la planificación en proyectos de remodelación. Los planos del edificio existente y la memoria de calidades detallada por espacios deben ser elaborados in situ por el proyectista, incluso cuando ya exista documentación, pues de este modo obtiene una impresión de primera mano de los daños del conjunto y el estado del edificio. Los estudios deberían realizarse sin destruir elementos. Si son necesarias intervenciones en el material existente, estas deben coordinarse con el promotor y el órgano competente en materia de patrimonio monumental, y deberán ser ejecutados por especialistas (restauradores, expertos en construcción).

Documentación gráfica del edificio existente

La representación y la exactitud de la documentación gráfica del edificio existente y su estado depende de los objetivos de la intervención → ⑥.
En la representación se distinguen la exactitud de la medición y la representación gráfica. La exactitud de medición no depende solo de los aparatos de medición empleados, sino también de la metodología del levantamiento y las imprecisiones resultantes (ángulos extremadamente agudos, errores en medidas sumadas). En los grados de precisión I y II, el valor medido es en general más preciso que la representación gráfica.
Los planos base elaborados sirven como patrón para el registro de daños, representación de las edades de los edificios o sus partes, documentación del reconocimiento y punto de partida para el proyecto básico, el catálogo de medidas y la documentación de la ejecución.

Documentación escrita del edificio existente

Una memoria general de calidades deberá incluir toda la información fundamental sobre el bien: información sobre el solar, situación de la propiedad, determinaciones constructivas, usos del edificio, datos sobre la financiación, arrendatarios e ingresos por alquileres, antigüedad del edificio, cronología de las fases de construcción, características de diseño de la historia de la arquitectura, materiales de construcción, estándares de equipamiento, equipamiento técnico, estructura, singularidades constructivas, etc. En una memoria de calidades por espacios se registra por escrito y con imágenes (croquis, dibujos y fotografías) cada local del edificio existente, se describen medidas necesarias y se anotan los trabajos ejecutados. La numeración de los locales se efectúa por plantas, empezando con el pasillo y en sentido de las agujas del reloj. En los números ordinales debe reconocerse la planta (p. ej., B05 para un local en la planta baja o 1.08 para un local en la primera planta).

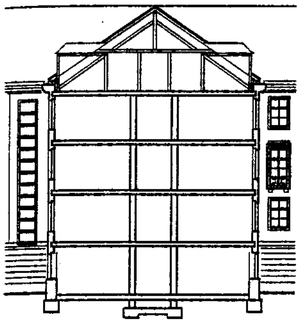
Construcción

Los conocimientos sobre cada una de las fases de construcción, las técnicas utilizadas y las intervenciones posteriores en la organización del edificio no solo sirven para la valoración de la calidad histórica, pág. 63 → ①, sino, sobre todo, para elaborar un anteproyecto y un presupuesto fundados. Algunos análisis pueden ser ejecutados por el proyectista mismo (p. ej., la investigación en los archivos correspondientes, ya sea de la Administración de urbanismo, el archivo municipal, etc.), mientras que para otros deberían contratarse a los expertos específicos (restauradores y expertos en los materiales de construcción, estudios de colores, dendrocronología, método de datación por radiocarbono, análisis de pinturas, revocos y morteros). Los resultados no solo dan pistas sobre la antigüedad y las posibles zonas problemáticas debidas a reformas anteriores, sino que también permiten la selección de materiales de construcción inofensivos y dan paso a una descripción precisa de los procedimientos en el presupuesto de licitación → ①.

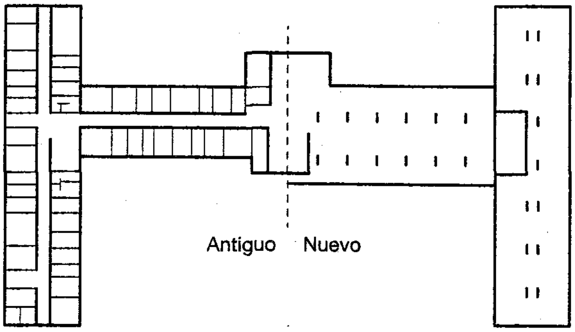
MODIFICACIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES

REMODELACIÓN

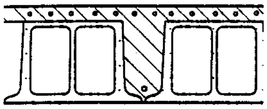
MODIFICACIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES
Conservar y reformar
Conservación y restauración del patrimonio histórico
Protección del patrimonio histórico
Toma de datos de edificios existentes
Remodelación



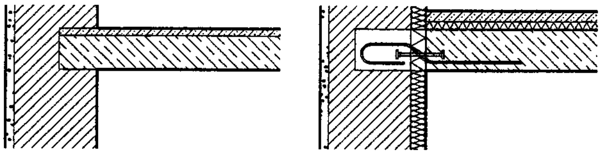
❶ El sistema portante existente, con forjados calculados como vigas continuas apoyadas sobre los muros interiores y exteriores



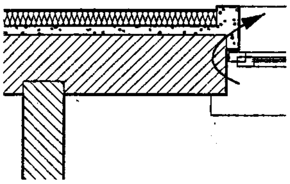
❷ Remodelación de un edificio de oficinas en uno de viviendas. Ampliación del ala principal, nuevos forjados y una estructura nueva facilitan particiones interiores muy variadas



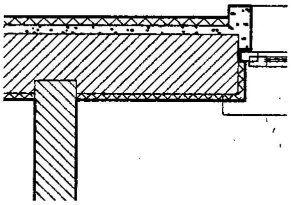
❸ El acondicionamiento del forjado nervado con piezas de relleno solo hubiera sido posible con grandes esfuerzos



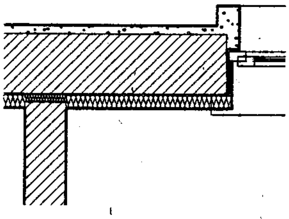
❹ Se sustituyó el forjado nervado con piezas de relleno por una losa de hormigón armado; para evitar puentes térmicos se apoyó el forjado en el muro exterior sobre apoyos con ruptura del puente térmico



❺ Con la protección térmica por el exterior se pierde el relieve de la fachada y resulta difícil evitar los puentes térmicos



❻ El revoco aislante por el exterior con placas de silicato de calcio por el interior. La imagen visual de los elementos en relieve se debilita

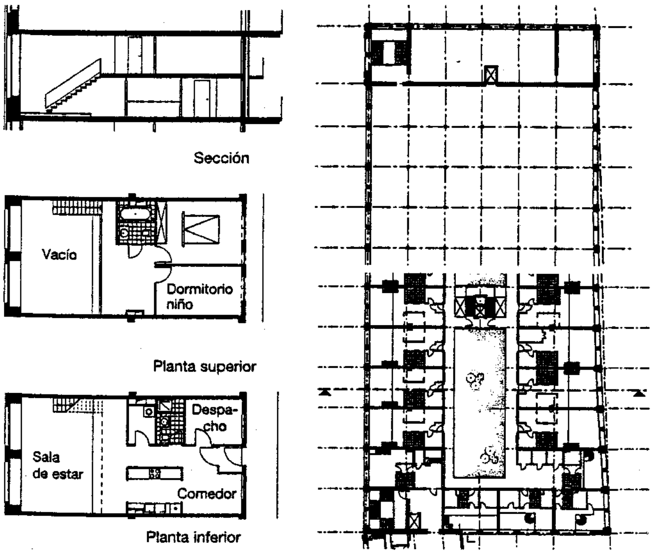


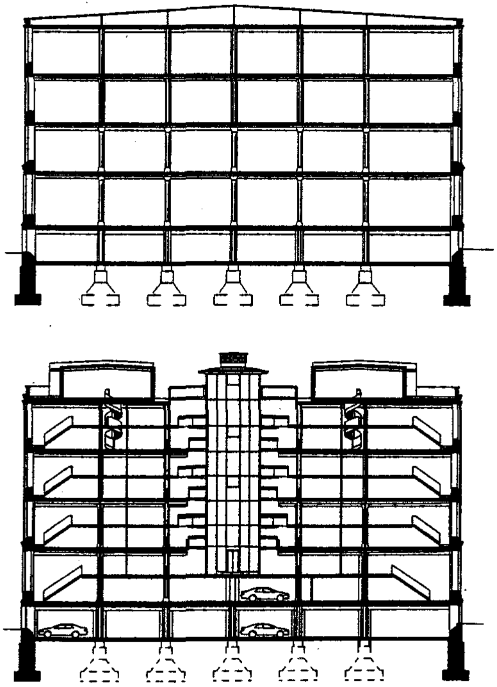
❼ El revoco aislante por el interior de la fachada no modifica las paredes interiores, que se entregan con elementos de ruptura de puente térmico

Acondicionamiento de un edificio de obra de fábrica

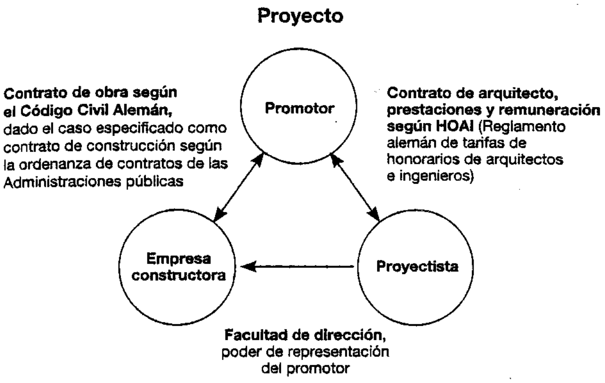
En lo que se refiere a la licencia de obras, los cambios de uso se consideran edificios de nueva planta. Normalmente, los forjados antiguos no cumplen las exigencias de protección acústica, térmica y contra incendios, por lo que es necesario acondicionarlos. Las medidas constructivas necesarias para mitigar el ruido de impacto, la protección contra incendios y los refuerzos estructurales debido a las cargas adicionales reducen considerablemente la altura libre de paso. En el ejemplo de remodelación de un edificio de oficinas para convertirlo en uno de viviendas, los forjados se habían ejecutado como vigas continuas apoyadas sobre los muros interiores. La sustitución completa de los forjados interiores fue la única solución posible. El uso de apoyos con ruptura del puente térmico permite realizar un aislamiento interior sin puentes térmicos y no alterar la fachada exterior → ❶ – ❼.

Los cambios de uso requieren acuerdos. En una nave industrial protegida, con gran fondo y 5 m de altura libre se autorizó la inclusión de un patio interior y la reducción de la altura de los espacios de la vivienda dúplex → ❽.





❽ Remodelación de una fábrica para convertirla en edificio de viviendas. Un patio interior con accesos por galerías interrumpe el fondo del edificio. Una autorización especial permitió que las viviendas dúplex tuvieran una altura inferior (2,3 m) a la exigida para los cuartos de servicio
Buntgarnwerke Leipzig Arqs.: Fuchshuber und Partner


Proyecto
Promotor
Empresa constructora
Proyectista
Contrato de obra según el Código Civil Alemán, dado el caso especificado como contrato de construcción según la ordenanza de contratos de las Administraciones públicas
Contrato de arquitecto, prestaciones y remuneración según HOAI (Reglamento alemán de tarifas de honorarios de arquitectos e ingenieros)
Facultad de dirección, poder de representación del promotor

① Relaciones jurídicas básicas de los agentes implicados en un proyecto de edificación

	Honorario %	Fase del proyecto	n.°
Proyecto	3	Estudios previos	1
	7	Anteproyecto	2
	11	Proyecto básico	3
	6	Proyecto para solicitar la licencia de obra	4
Ejecución	25	Proyecto de ejecución	5
	10	Preparación de los contratos	6
	4	Colaboración en la adjudicación de los contratos	7
	31	Dirección facultativa	8
	3	Seguimiento de la obra y documentación	9

② Prestaciones del proyecto, HOAI §15 [03]

	BGB		VOB/B
§ 632	Indemnización	§ 2	Compensación
		§ 14	Descuentos
		§ 15	Trabajos por horas
§ 633	Deficiencias	§ 4	Ejecución (n.° 7)
		§ 13	Garantía (n.° 3, 5, 6)
		§ 17	Fianza
§ 634	Plazos de ejecución, modificaciones, reducción	§ 13	Garantía (n° 3, 6)
§ 635	Indemn. de daños y perjuicios	§ 4	Ejecución (n.° 7)
		§ 8	Rescisión por el cliente (n° 5)
		§ 13	Garantía (n.° 7)
§ 636	Ejecución tardía	§ 5	Plazos de ejecución
§ 637	Responsabilidad civil	§ 13	Garantía (n.° 3)
§ 638	Prescripción (corta)	§ 13	Garantía (n.° 3, 7)
§ 639	Prescripción (interrupción, paralización)	§ 13	Garantía
§ 640	Recepción	§ 12	Recepción
§ 641	Vencimiento de la indemnización	§ 16	Pagos
§ 642	Colaboración del cliente	§ 4	Ejecución
§ 643	Revocación por parte del promotor	§ 9	Rescisión por el constructor
§ 644	Riesgo	§	– advertencia § 12 n.° 6
§ 645	Responsabilidad del cliente	§ 7	Distribución del riesgo
§ 646	Recusación de la obra	§ 12	Recepción
§ 647	Derechos de hipoteca prom.		– no existe
§ 648	Hipoteca de seguro de la obra		– no existe
§ 649	Derechos de rescisión prom.	§ 8	Rescisión por el cliente
§ 650	Presupuesto		– advertencia en § 2
§ 651	Acuerdo de entrega de la obra		– no es objecto de la VOB

③ Comparación de la legislación de contratos de arrendamiento de obra según el Código Civil Alemán con las reglamentaciones de la Ordenanza alemana de contratos de las Administraciones públicas (según Boisserée, Mantscheff, Baubetriebslehre, 1, pág. 53) [02]

PROYECTO Y DIRECCIÓN FACULTATIVA

LEGISLACIÓN PRIVADA, ORDENANZA DE CONTRATOS DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS, REGLAMENTO DE TARIFAS DE HONORARIOS DE ARQUITECTOS E INGENIEROS EN ALEMANIA

Relaciones jurídicas

Las relaciones jurídicas de los agentes implicados en un proyecto de edificación pueden clasificarse como contratos de arrendamiento de obra según el Código Civil Alemán (BGB), o bien como contratos de construcción de obra según la Ordenanza alemana de contratos de las Administraciones públicas (VOB) → ①.

El carácter del contrato de arrendamiento de obra se debe a la disposición de un resultado específico, es decir, la ejecución de una obra. En contraste es el objeto del contrato de servicios la prestación del trabajo o bien del obrar como tal.

El Reglamento alemán de tarifas de honorarios de arquitectos e ingenieros (HOAI)

Este reglamento regula el cálculo de honorarios para tareas de arquitectos e ingenieros. El honorario se basa en la "zona de honorarios" a la que se atribuye a un proyecto (según su supuesta dificultad), los costes de la obra que se consideran computables y las fases del proyecto elaboradas por el arquitecto o ingeniero, a las que se destinan porcentajes del honorario total (prestaciones del proyecto de edificio véase → ②). Dentro de cada fase se distinguen prestaciones básicas —que obligatoriamente se tienen que rendir para el cumplimiento reglamentario del encargo— y prestaciones especiales que se encargan y liquidan por separado, según las exigencias particulares de la ejecución (p. ej., levantamiento de planos) → pág. 70 y ss.

El HOAI se encuentra actualmente en fase de revisión. Se pretende limitar su ámbito de aplicación a proyectos menores, reduciendo así los valores superiores de la tabla de honorarios y suprimiendo las fases 6 a 9 y prestaciones de asesoramiento. Además, en el futuro deberán fijarse los honorarios basándose en unos costes de construcción previamente acordados.

La Ordenanza Alemana de Contratos de las Administraciones Públicas (VOB)

Esta ordenanza no es ni una ley ni una disposición jurídica, sino que sustituye o completa como derecho contractual las disposiciones del Código Civil Alemán (BGB). Difiere en puntos esenciales (recepción, derechos a la reclamación de vicios, retribución) de las reglamentaciones del BGB → ③. Las Administraciones estatales y muchos promotores públicos están obligados a la aplicación de la VOB en la licitación y adjudicación de obras de construcción.

LA VOB está compuesta de la manera siguiente:

El **Título A** (DIN 1960) contiene directrices para la forma y la redacción de licitaciones, adjudicaciones y contratos.

El **Título B** (DIN 1961) contiene las condiciones generales de la contratación para la ejecución de obras de edificación → ③

El **Título C** (DIN 18299-18386, DIN 18421, 18451) contiene, ordenado por oficios, prescripciones técnicas generales de la contratación según el sistema siguiente:

0. Indicaciones para la redacción del presupuesto base de licitación (ayudas para licitaciones concisas y exhaustivas).

1. Ámbito de aplicación (definición de conceptos, definición del oficio, delimitación en referencia a otros oficios).

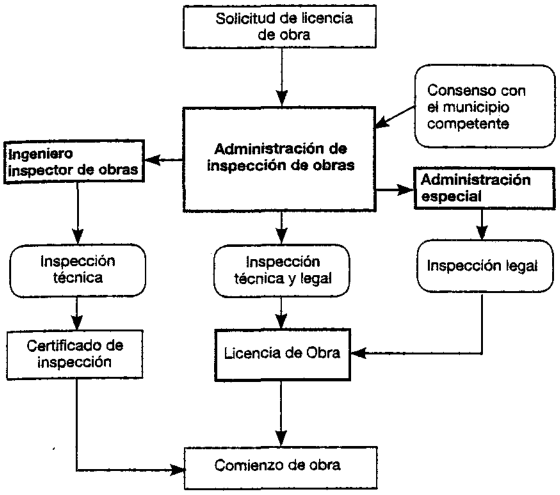
2. Materiales/elementos constructivos (definición de calidades de los materiales y elementos constructivos pertinentes mediante normas DIN).

3. Ejecución (definición del nivel de ejecución con referencia a las normas vigentes DIN).

4. Prestaciones accesorias/especiales (delimitación de las prestaciones accesorias —sin remuneración específica— y de las prestaciones especiales).

5. Liquidación (prescripciones sobre la liquidación: unidades, mediciones, descuentos, etc.).

véase también: HOAI, pág. 69


Solicitud de licencia de obra
Consenso con el municipio competente
Ingeniero inspector de obras
Administración de inspección de obras
Administración especial
Inspección técnica
Inspección técnica y legal
Inspección legal
Certificado de inspección
Licencia de Obra
Comienzo de obra

① La tramitación administrativa de licencia de obra (fundamentos)

Licencias obligatorias

La edificación, modificación o cambio de uso de edificios requieren siempre la licencia de la Administración de inspección de obras, según la normativa alemana.

Sin embargo, existen excepciones para ciertos edificios, que fundamentalmente atañen a:

Proyectos exentos de licencia (p. ej., edificios de una planta sobre rasante con una superficie en planta de hasta 10 m² y garajes hasta 30 m², con alturas de paredes de una media de hasta 3 m (menor en terreno rústico → pág. 67).

Muros de contención y cierres de parcela de hasta 2 m de altura, modificación de elementos constructivos portantes o de arriostramiento en edificios de la categorías 1 y 2, revestimientos de fachadas (a excepción de torres y rascacielos), pérgolas, soportales u otras edificaciones que requieren autorización según otras disposiciones legales (p. ej., centrales eléctricas e infraestructuras de transporte, en cuyo caso se hace cargo de las obligaciones y funciones de la Administración de inspección de obra el organismo competente según las disposiciones legales respectivas).

En el ámbito del **procedimiento por actuación comunicada**, pueden quedar exentos de licencia de obra la edificación y modificación de viviendas de poca altura que cumplen íntegramente las determinaciones de un plan de ordenación legalmente vinculante, y cuyos accesos y evacuación están asegurados, si el municipio no exige la presentación de documentos para el procedimiento simplificado de licencia de obra dentro de un determinado plazo o bien si solicita la interdicción temporal.

El **procedimiento simplificado** de licencia de obra es aplicable a la edificación y modificación de edificios de viviendas de las categorías 1 a 3, en el ámbito de aplicación de un plan de ordenación legalmente vinculante, si el proyecto corresponde en su totalidad a las determinaciones del plan de ordenación y están asegurados los accesos y la evacuación, en cuyo caso la Administración de inspección de obras solo controla la conformidad con las disposiciones sobre la licitud general del Código Alemán de Construcción.

La resolución parcial anticipada de licencia de obras

Antes de la tramitación de la licencia de obra, en el marco de una consulta urbanística puede solicitarse la resolución anticipada de cuestiones críticas singulares (en muchos casos, los parámetros urbanísticos según el Código Alemán de Construcción), para facilitar la elaboración de la documentación de la solicitud de licencia. La resolución anticipada tiene vigencia legal durante un año, que puede prolongarse si así se solicita.

Proyecto para solicitar la licencia de obra

Prestaciones básicas:

1. Elaboración de la documentación necesaria según la normativa para las licencias o las aprobaciones, incluidas las solicitudes de excepciones y exenciones incluyendo las aportaciones de otros profesionales agentes del proyecto y tras las negociaciones necesarias con los órganos competentes.
2. Presentación de estas solicitudes.
3. Completar y adaptar los documentos del proyecto, memorias y cálculos incluyendo las aportaciones de otros profesionales agentes del proyecto.
4. (para paisajismo e interiorismo) Evaluación de la necesidad de licencias, solicitud de aprobaciones y licencias.

Prestaciones especiales
Colaboración en la obtención de la aprobación por parte de los vecinos, elaborar los documentos para procedimientos especiales de evaluación, asistencia técnica y de organización al promotor en caso de recurso, pleito o trámites similares.
Modificación de la documentación del proyecto si concurren circunstancias en principio ajenas a la responsabilidad del proyectista.

Solicitud de licencia y proyecto

La solicitud de licencia de obra contiene las siguientes informaciones:

1. Nombre y domicilio del promotor.
2. Nombre y domicilio del proyectista.
3. Denominación de la obra.
4. Designación del solar (calle, número, parcela, etc.).
5. Accesos y evacuación.
6. Información sobre licencias otorgadas.
7. Toda la documentación necesaria para el dictamen (plano de situación, planos, memoria de calidades, cálculo estructural y otras determinaciones técnicas).

Todos los documentos deben ir firmados por el promotor, el proyectista y el resto de profesionales encargados del proyecto.

La solicitud de licencia de obra debe presentarse por escrito en la Administración del municipio correspondiente, que lo traspasará, junto a su declaración, a la Administración de inspección de obras correspondiente para su tramitación (en el caso de que el municipio no sea el órgano competente). A su vez, la Administración pedirá informes al resto de las Administraciones (bomberos, protección del patrimonio histórico, etc.) y oirá a los propietarios de las parcelas colindantes.

La licencia de obra

Tras finalizar la evaluación, el solicitante recibe la formalización de la licencia de obra por escrito (notificación del acuerdo de concesión de licencia), conjuntamente con una copia de la documentación aprobada (si se da el caso, con las condiciones establecidas en la licencia).

Pueden concederse (previa solicitud) autorizaciones parciales para componentes o fases específicas del edificio (p. ej., la excavación) antes de la resolución de la licencia de obra definitiva.

La licencia de obra y la licencia parcial caducan si no se comienza la obra en el plazo de un año o se interrumpe la obra durante más de un año tras la resolución de la licencia. Este plazo puede prolongarse previa solicitud.

La inspección de la obra por parte de la Administración

La ordenanza modelo sobre la edificación prevé la inspección durante la duración de las obras. Esta puede limitarse a comprobaciones arbitrarias, y consiste fundamentalmente en la recepción de la estructura (análisis de la seguridad estructural, protección frente al ruido, aislamiento térmico, seguridad en caso de incendio) y la recepción final. Tras la entrega del certificado final de la obra, está permitido el uso del edificio.

Proceso de diseño

PROYECTO Y DIRECCIÓN FACULTATIVA
Fundamentos legales
Fases del proyecto según el HOAI
Parámetros urbanísticos
Separación entre edificaciones
Costes de la construcción

véase también:
HOAI , pág. 69
VOB, pág. 69

La **adjudicación** tiene como objetivo la redacción de un contrato que garantice la realización del proyecto de ejecución con disposiciones pertinentes dentro del marco del derecho civil (→ pág. 69). Puede adjudicarse si existen precios para un presupuesto definido (descripción por partidas, pliego de cláusulas y carta con información sobre la posibilidad de acceder a la documentación de la licitación, lugar y plazo para la apertura de las proposiciones, plazos para la adjudicación y durante el cual el licitador estará obligado a mantener su oferta).
Los presupuestos cumplimentados con precios y firmados por el licitador se convierten en la oferta; la oferta aceptada y no modificada se transforma a través de la contratación (adjudicación) en contrato de obras.
Los contratos de obras (y con ellos también los pliegos de la licitación) tienen que reglamentar, de antemano y de modo claro, extenso y completo, cualquier diferencia de opiniones entre los contratantes y sus obligaciones respectivas.

El **presupuesto descriptivo** es en este caso la base del contrato de obras posterior. Consiste en presupuesto por partidas o programa funcional y memoria de calidades.
Presupuestos → ❶ son listados de unidades de obra (descripción de tareas según su clase, calidad, cantidad, dimensión, enumerados con códigos de unidad) y pueden ser divididos en lotes (fases de construcción/secciones/etapas) o capítulos (división por oficios).
Presupuestos por descripción funcional son descripciones funcionales de exigencias estéticas, técnicas y económicas determinantes para la prestación completa. Prescinden de una representación detallada de las partidas en comparación con los presupuestos por unidades de obra.
Los presupuestos se completan con las denominadas **prescripciones** en forma de pliegos de cláusulas administrativas y **prescripciones técnicas generales** (= VOB/B o VOB/C, de la Ordenanza Alemana de Contratos de las Administraciones Públicas), **pliegos de cláusulas administrativas particulares y prescripciones técnicas especiales** de contratantes que adjudican regularmente contratos de obras (p. ej., compañía de ferrocarril) y **condiciones especiales de ejecución del contrato**, en las que se regulan exigencias para casos aislados.
Para la elaboración de los presupuestos se utilizan casi exclusivamente programas generadores de presupuestos, ya que el ámbito de la adjudicación es idóneo para la informatización gracias a la conexión de los datos de los presupuestos con los planos de ejecución.
La **base de datos de especificaciones estándar para la construcción (STLB)** ayuda en la elaboración de presupuestos y memorias con módulos de texto estandarizados para unidades de obra que están clasificadas según las partidas correspondientes (partidas que corresponden aproximadamente a los oficios, según VOB/C).
Los **patrones para presupuestos** se parecen a los libros con modelos de texto para presupuestos y abarcan posibles textos (se redactan textos tachando partes), por ello, son en su totalidad muy extensos. Los **textos modelo de fabricantes** para presupuestos ofrecen información adicional y ayudan en problemas de detalle de soluciones constructivas especiales.

Preparación/colaboración en la adjudicación de los contratos

Prestaciones básicas:

1. Elaboración y recopilación de las mediciones como base para la redacción de presupuestos que incorporen las aportaciones de otros profesionales agentes del proyecto.
2. Redacción de presupuestos descriptivos con listados de unidades de obra divididos por partidas.
3. Ajuste y coordinación de los presupuestos de los diferentes profesionales agentes del proyecto.
4. Recopilación de los documentos para la licitación para todos los oficios.
5. Licitación de ofertas.
6. Evaluación y valoración de las ofertas incluida la elaboración de un cuadro comparativo de precios por partidas.
7. Coordinación y recopilación de las aportaciones de otros profesionales agentes del proyecto que colaboran en la contratación.
8. Negociación con licitadores.
9. Presupuesto valorativo detallado según DIN 276 formado por los precios unitarios o de partidas alzadas de las ofertas.
10. Colaboración en la contratación.

Prestaciones especiales:
*Redacción de presupuestos descriptivos con programas funcionales según la memoria detallada de calidades por espacio.**
Elaboración de presupuestos descriptivos alternativos para partidas completas.
Elaboración de cuadros sinópticos comparativos de costes evaluando las aportaciones de otros profesionales agentes del proyecto.
*Evaluación y valoración de las ofertas conforme a los presupuestos descriptivos con programa funcional incluido el cuadro comparativo de precios.**
Elaboración, evaluación y valoración de cuadros comparativos de precios considerando exigencias especiales.

* Véase nota, pág. 72.

Ejemplo 1 Mediciones y precios unitarios al margen del texto

Código	Cantidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
2.02	105 m^2	Puesta en obra de losas de pavimento de hormigón B 25 in situ, grosor 15 cm, incl. encofrado. Las superficies deben disponerse con pendiente hacia el desagüe.		
		por 1 m^2	35,7	3.748,5

Desventajas: a) Mucho espacio necesario para texto,
b) no contiene información sobre el desglose del precio,
c) precio unitario no en palabras.

Ejemplo 2 Mediciones y precios unitarios incluidos en el texto

2.02	105 m^2	Puesta en obra de losas de pavimento de hormigón B 25 in situ, grosor 15 cm, incl. encofrado Las superficies deben disponerse con pendiente hacia el desagüe. Mano de obra: 24,6 € Material: 11,1 €		
		Extras: — € por 1 m^2	35,7	3.748,5
		Precio unitario en palabras: treinta y cinco 70/100		

Desventaja: mediciones y precio unitario no están en la misma línea

Ejemplo 3 Mediciones y precios unitarios incluidos en el texto en la misma línea

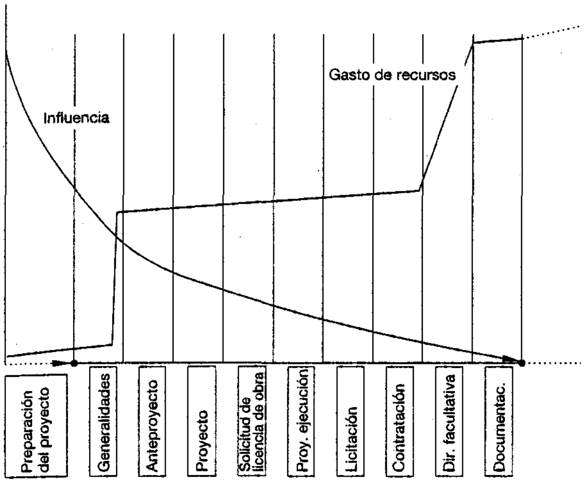
2.02	105 m^2	Puesta en obra de losas de pavimento de hormigón B 25 in situ, grosor 15 cm, incl. encofrado Las superficies deben disponerse con pendiente hacia el desagüe. Mano obra/material/extras: 24,6 €/ 11,1 €/ -, - €	35,7	3.748,5
		Precio unitario en palabras: treinta y cinco 70/100		

Ventajas: a) gran ahorro de espacio
b) cantidad × precio unitario = precio total en la misma línea

❷ Presupuestos (ejemplos)

PROYECTO Y DIRECCIÓN FACULTATIVA

COSTES DE LA CONSTRUCCIÓN



❶ Influencias sobre los costes de construcción en el transcurso de proyecto y edificación

Categoría de costes			
1. Nivel	2. Nivel	3. Nivel	Descripción
100			Terreno
200			Preliminares
300			Construcción
↳	012		Obra de albañilería
	↳	012.111	Obra de fábrica de ladrillo perforado del tabique interior Tipo de ladrillo: perforado vertical 12/1,6 Clase de mortero: II Grosor: 11,5 cm
400			Tecnología de la construcción
500			Espacios exteriores
600			Equipamiento
700			Honorarios y costes adicionales

❷ Clasificación de los costes según DIN 276

El presupuesto estimativo

Sirve para estimar los costes de construcción. Se atribuye a la fase 2 (anteproyecto).

Las bases para el presupuesto estimativo son:

1. El resultado del anteproyecto (dado el caso, en forma de croquis).
2. Las mediciones de elementos de referencia de las categorías de costes.
3. La memoria descriptiva.
4. Los datos sobre solar y accesos y evacuación.

El presupuesto estimativo deberá abarcar los costes totales, ordenados según el primer nivel de las categorías de los mismos, y deberá contener, como mínimo, siete datos de costes. La memoria descriptiva corresponderá al nivel de información del anteproyecto.

El presupuesto valorativo abreviado

Se define como el "cálculo aproximado" de los costes de la edificación. Forma parte de la fase 3 (proyecto básico).

Las bases para el presupuesto valorativo abreviado son:

1. Los planos completos del proyecto y, dado el caso, los detalles.
2. Las mediciones de los elementos de referencia de las categorías de costes.
3. Las descripciones relevantes para el presupuesto valorativo abreviado deberán determinar los costes totales ordenados según el segundo nivel de las categorías de costes, y contiene 40 datos de costes singulares.

La memoria descriptiva deberá corresponder al nivel de información diferenciado del proyecto básico.

(Imágenes y texto de: Neddermann, "Baukosten", *DAB*, diciembre de 2003/enero de 2004, ligeramente abreviado) [04]

La influencia sobre los costes de edificación disminuye a lo largo del proceso de proyecto y construcción. La mayor influencia sobre los costes de edificación la tienen los agentes del proyecto en la preparación del mismo, pues es en ese momento cuando se toman las decisiones sobre las dimensiones, el volumen y otros aspectos del mismo. En el transcurso siguiente ya solo puede influirse con cada vez menos alcance en los costes de edificación. El flujo de efectivo se comporta de modo contrario, en la fase preparatoria aun es reducido y aumenta paso a paso → ❶.

Por tanto, un control de costes eficiente tratará siempre de poner los remedios en las fases iniciales, ya que los cambios en la fase del proyecto de ejecución (selección de materiales, etc.) no suelen tener un éxito apreciable.

Obligaciones según el Reglamento alemán de tarifas de honorarios de arquitectos e ingenieros HOAI

La HOAI compromete al arquitecto a redactar cuatro presupuestos en el transcurso del proyecto y la obra: **presupuesto estimativo, valorativo abreviado, detallado y presupuesto de ejecución material**. Estos presupuestos son prestaciones básicas según el HOAI → págs. 70-74. Se consideran prestaciones básicas con efectos especiales, es decir, que la omisión de un presupuesto tiene consecuencias fatales en caso de pleito.

DIN 276

Fundamentos del presupuesto

Los fundamentos del presupuesto están fijados en la norma DIN 276 que clasifica los costes de edificación en siete **categorías** y tres **niveles** (de costes) → ❷.

Cada presupuesto tiene que estar estructurado del mismo modo y formado por módulos definidos:

1. **Datos sobre los costes de todas las categorías de costes**
2. **Memoria descriptiva del proyecto**
3. **Suma de gastos en el momento del presupuesto**
4. **Información acerca del impuesto sobre el valor añadido**
5. **Fecha del presupuesto**
6. **Referencia al proyecto respectivo**

El presupuesto detallado

Es el cálculo de los costes de edificación más exacto posible en la fase 7 (colaboración en la adjudicación).

Las bases de este presupuesto:

1. Los planos de ejecución completos, detalles, etc.
2. Los cálculos estructurales, los de aislamiento térmico, etc.
3. Las mediciones de elementos de referencia de las categorías de costes o unidades de obra.
4. La memoria descriptiva y explicaciones de la ejecución de obra.
5. La recopilación de ofertas, encargos y gastos ya saldados.

Por ser el último cálculo de costes antes de comenzar la obra, tiene un papel importante. Debe registrar los costes totales ordenados según el tercer nivel de la clasificación de costes, y contiene 218 datos de costes singulares. La memoria descriptiva correspondiente al presupuesto detallado refleja el estado actual del proyecto y ofrece el mayor grado de detalle en el transcurso del mismo. La finalidad del presupuesto detallado es redactar, antes del inicio de la obra, un cálculo de costes basándose en ofertas, encargos, gastos ya producidos y, en caso necesario, cálculos propios, ya que solo de este modo existe la posibilidad del control de costes y corrección.

El presupuesto de ejecución material

Sirve para la comprobación de los costes originados, comparaciones y documentación. Los fundamentos del presupuesto de ejecución material son: 1. hojas de liquidación revisadas; 2. mediciones; y 3. explicaciones. Deberán ordenarse los costes totales según el segundo nivel de la clasificación de costes.

CIMENTACIÓN

CIMIENTOS

En la ejecución de cimientos se distinguen cimentaciones superficiales (**zapatas aisladas → ❶**, **zapatas corridas → ❷**, **losas de cimentación → ❸**)) y cimentaciones profundas (**pilotajes → ❹ →** pág. 82).

Cimentación superficial

Cimientos de obra de fábrica son técnicamente factibles, pero poco frecuentes debido a sus altos costes..

Cimientos de hormigón en masa se utilizan con poco vuelo y en edificaciones de menor escala..

Cimientos de hormigón armado se disponen en caso de presiones sobre el terreno y vuelos mayores → ❼ - ❽. (armadura para solicitación por tracción → ⓬). En comparación con el hormigón en masa, si se utiliza hormigón armado se ahorra altura, peso y profundidad de la excavación. Disposición de los cimientos en juntas de dilatación y en medianeras o linderos → ❾.

Losas de cimentación → ❿ en terrenos con poca capacidad portante, si las zapatas aisladas o las corridas no son suficientes para responder a las solicitaciones.

DIN 1054

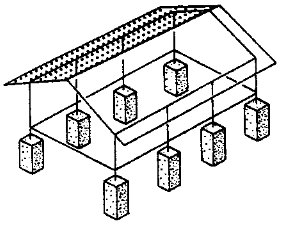
La solera de cimentación tiene que estar a una **profundidad sin riesgo de heladas**; es decir, que las capas de suelo inferiores ya no puedan entrar en movimiento por congelación y descongelación. Según la norma DIN 1054, se considera libre de heladas una profundidad de **0,8 m** (en obras de ingeniería, 1-1,5 m).

Mejora de la capacidad portante del terreno

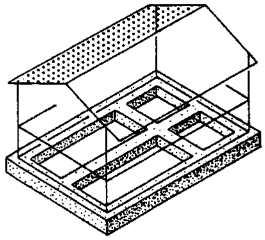
a) **Compactación por vibración**, con equipo de placa vibratoria (rana), compactación en un radio de 2,3-3 m; distancias entre núcleos compactados, aprox. 1,5 m. Se rellena el suelo. La calidad depende de la granulometría y compactación inicial.

b) **Pilotes de compactación**, relleno del espacio desplazado con áridos de granulometría variable sin aglomerantes.

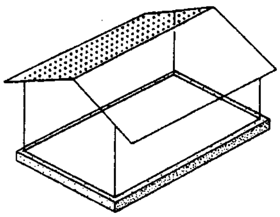
c) **Refuerzo y compactación del suelo**. Inyección de cemento; no aplicable en suelos cohesivos y agresivos con el cemento. Inyección de productos químicos (solución de ácido silíceo, cloruro de calcio). Petrificación instantánea y permanente; solo puede aplicarse en terrenos ricos en cuarzo (gravas, gravillas y arena).



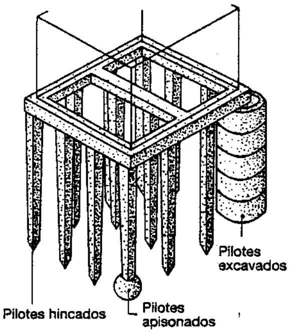
❶ Cimentación aislada para edificios ligeros sin sótano



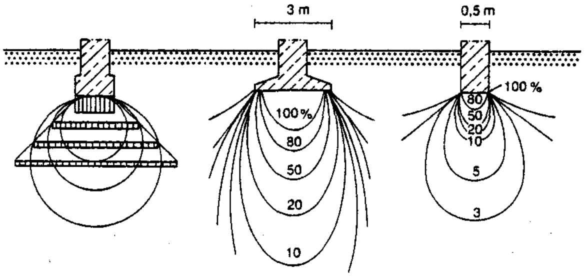
❷ Lo más usual es realizar cimentaciones corridas



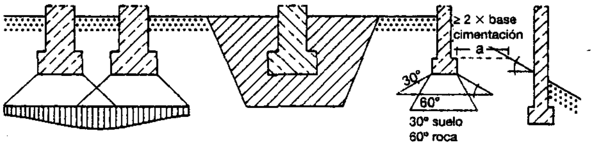
❸ Losa de hormigón armado



❹ Cimentaciones a base de pilotajes y pozos



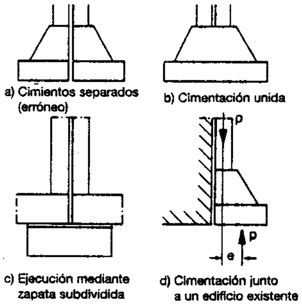
❺ Con presiones bajo solera idénticas, los cimientos anchos producen mayores tensiones adicionales en comparación con los cimientos estrechos



❻ Cuando el ámbito de influencia de dos cimientos se superpone, existe peligro de un asentamiento excesivo. Es importante tenerlo en cuenta al cimentar el lado de un edificio existente

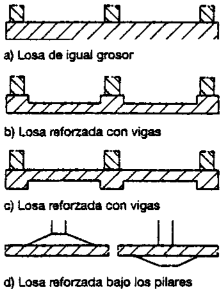
Cuando la cimentación se realiza sobre un lecho de arena de 0,8 a 1,2 m de altura, vertida y compacta por capas de 15 cm y cubierta con arcilla, las cargas transmitidas al terreno se reparten por una superficie mayor

Cimentación en una ladera de montaña. Líneas de distribución de presiones = pendiente del suelo de cimentación



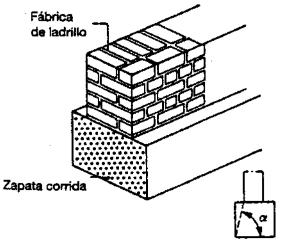
a) Cimientos separados (erróneo)
b) Cimentación unida
c) Ejecución mediante zapata subdividida
d) Cimentación junto a un edificio existente

❾ Ejecución de la cimentación en juntas de dilatación o separación

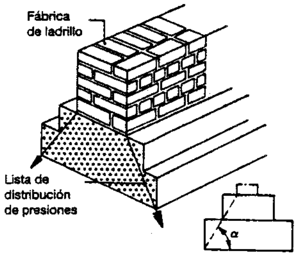


a) Losa de igual grosor
b) Losa reforzada con vigas
c) Losa reforzada con vigas
d) Losa reforzada bajo los pilares

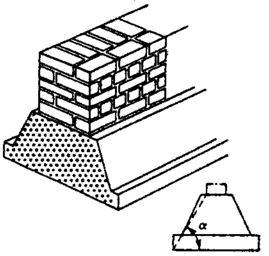
❿ Separaciones tipo de losas de cimentación



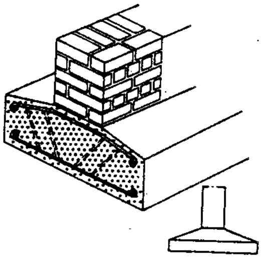
❼ Zapata corrida sencilla, de hormigón en masa



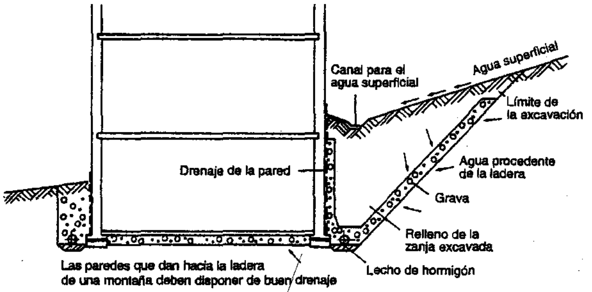
❽ Zapata corrida escalonada, de hormigón en masa



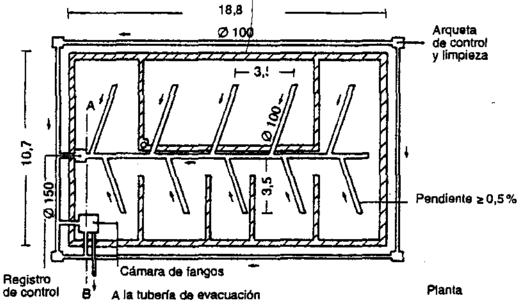
⓫ Zapata trapezoidal, de hormigón en masa



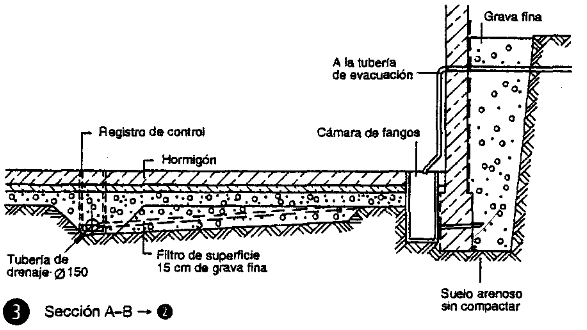
⓬ Zapata, aún más ancha, realizada con piezas prefabricadas de hormigón armado


Agua superficial
Canal para el agua superficial
Límite de la excavación
Drenaje de la pared
Agua procedente de la ladera
Grava
Relleno de la zanja excavada
Lecho de hormigón
Las paredes que dan hacia la ladera de una montaña deben disponer de buen drenaje

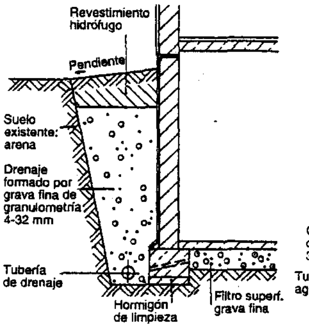
❶ Las paredes que dan hacia la ladera de una montaña deben contar con un buen drenaje


18,8
Ø 100
3,5
A
Ø 100
10,7
Ø 150
3,5
Arqueta de control y limpieza
Pendiente ≥ 0,5 %
Registro de control
Cámara de fangos
B
A la tubería de evacuación
Planta

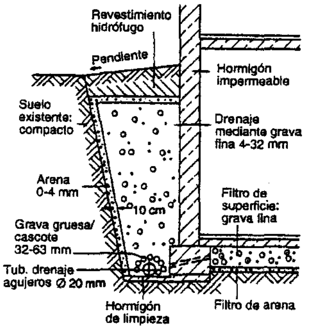
❷ Drenaje de una superficie mediante una capa filtrante de grava y un sistema anular de tuberías


Grava fina
A la tubería de evacuación
Registro de control
Cámara de fangos
Hormigón
Tubería de drenaje Ø 150
Filtro de superficie 15 cm de grava fina
Suelo arenoso sin compactar

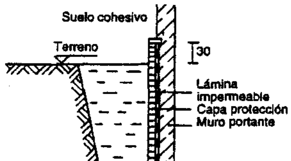
❸ Sección A–B → ❷


Revestimiento hidrófugo
Pendiente
Suelo existente: arena
Drenaje formado por grava fina de granulometría 4-32 mm
Tubería de drenaje
Hormigón de limpieza
Filtro superf. grava fina

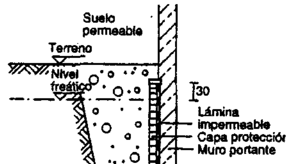
❹ Drenaje con filtro de mezcla


Revestimiento hidrófugo
Pendiente
Hormigón impermeable
Suelo existente: compacto
Drenaje mediante grava fina 4-32 mm
Arena 0-4 mm
10 cm
Filtro de superficie: grava fina
Grava gruesa/ cascote 32-63 mm
Tub. drenaje agujeros Ø 20 mm
Hormigón de limpieza
Filtro de arena

❺ Drenaje con filtro escalonado


Suelo cohesivo
Terreno
30
Lámina impermeable
Capa protección
Muro portante
Hormigón de limpieza
Arista redondeada

❻ Impermeabilización resistente a la presión hidrostática

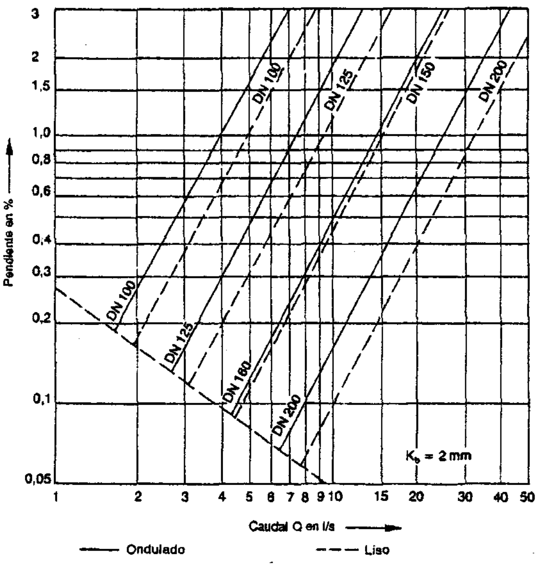

Suelo permeable
Terreno
Nivel freático
30
Lámina impermeable
Capa protección
Muro portante
Hormigón de limpieza
Arista redondeada

❼ Impermeabilización resistente a la presión hidrostática

Drenaje

Drenaje es la desecación del terreno mediante **capa drenante** y **drenes** para evitar la **creación de agua con presión hidrostática en un paramento exterior**. Está compuesto por instalaciones de drenaje, control y barrido, al igual que desagües. Los detalles de la ejecución técnica están reglamentados en la norma DIN 4095 → ❽.

Cañería de drenaje, diámetro nominal DN 100, pendiente 0,5 %. Tubo de barrido y control de diámetro nominal DN 300. Pozo de barrido y control, colector diámetro nominal DN 1000. Puede calcularse el diámetro nominal para tuberías de drenaje con sección circular y una rugosidad k_b = 2 mm → ❽. La velocidad de flujo en el tubo de drenaje en estado lleno no deberá ser inferior de v = 0,25 m/s. Para superficies de más de 2.000 m² debe planificarse un drenaje superficial que se evacua mediante tuberías de drenaje. La separación entre las tuberías debe dimensionarse y, si fuera necesario, deben disponerse instalaciones de control → ❷.
La condición para un drenaje eficaz es un desagüe suficiente teniendo en cuenta el máximo nivel de agua en el desagüe. Se debe intentar lograr una conexión con pendiente libre a un desagüe bajo cielo abierto o a un canal de aguas pluviales; es decir, poder prescindir de bombas. Si se necesitan bombas, deben asegurarse con medidas adecuadas (p. ej., mediante válvulas antirretorno de seguridad contra reflujo por sobrecarga desde el desagüe). Las medidas de seguridad contra reflujo por sobrecarga tienen que ser accesibles y deben revisarse. También puede evacuarse el agua al terreno permeable (p. ej., mediante un pozo de infiltración).



❽ Diagrama de dimensiones para las canalizaciones de drenaje

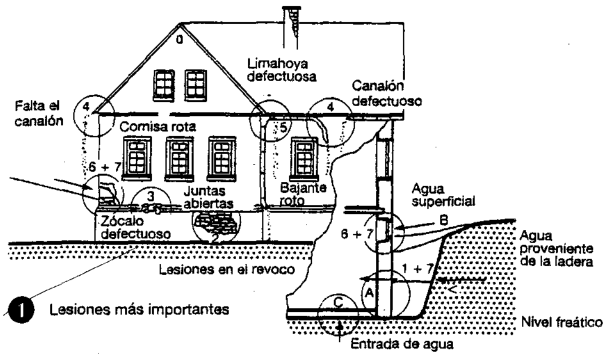
Impermeabilización de vasos estancos

En cuanto se encuentra **agua con presión hidrostática** o no es posible la evacuación del agua accionando sobre el edificio a través de un drenaje, los elementos deben construirse con hormigón hidrófugo (**"vaso estanco de hormigón"**) o cubrir la solera y los paramentos con una **barrera resistente a la presión hidrostática en forma de membrana estanca**, compuesta por una impermeabilización cerrada de láminas bituminosas, juntas metálicas o láminas plásticas (**"vaso estanco bituminoso"**). Esta tiene que ser resistente a aguas agresivas y no debe perder su eficacia → pág. 83. Además, también se utilizan impermeabilizaciones con bentonita (**"vaso estanco marrón"**).
En la actualidad se prefiere construir vasos estancos de hormigón para impermeabilidad contra el agua con presión hidrostática. Si la losa del sótano y los paramentos verticales están separados por una junta de trabajo, debe asegurarse esta mediante perfiles de junta o entregas correspondientes. Como seguridad adicional, el paramento exterior del vaso estanco recibe un recubrimiento de base bituminosa o de resinas sintéticas → ❻ - ❼.

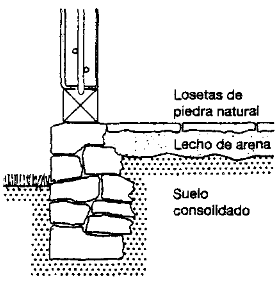
CIMENTACIÓN

SANEAMIENTO DE CIMENTACIONES

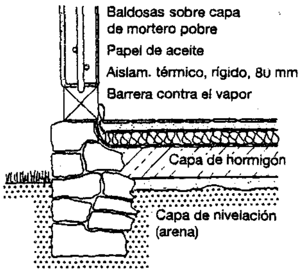
La mayor parte de los daños que se producen en los edificios es a causa de la humedad. Las humedades procedentes del terreno se deben a la falta o el desgaste de las capas de impermeabilización en cimientos y sótanos, a la falta o la obturación de los drenajes, y a la evacuación defectuosa de aguas pluviales y de escorrentía que se produce en el encuentro de los paramentos con el rasante.
En caso de que necesiten reparación, deben averiguarse y eliminarse las causas de dicha humedad. Las impermeabilizaciones horizontales ausentes o desgastadas en la obra de fábrica solo pueden reponerse con grandes esfuerzos. En estos casos, es necesario prestar un especial cuidado en la ejecución, y el transporte capilar de humedad debe interrumpirse. Si es imposible desecarlos (o solo con esfuerzos desproporcionados), los elementos constructivos pueden recubrirse con sistemas de enlucido especiales que facilitan la evaporación de la humedad. Las sales minerales resultantes de la evaporación pueden ser absorbidas por los revocos sin causar desprendimientos. No obstante, la vida útil de estos enlucidos de saneamiento es notablemente más corta que la de revocos colocados sobre bases secas.


Limahoya defectuosa
Canalón defectuoso
Falta el canalón
Cornisa rota
4
5
6 + 7
3
Juntas abiertas
Bajante roto
Zócalo defectuoso
2
Lesiones en el revoco
Agua superficial
B
6 + 7
Agua proveniente de la ladera
1 + 7
A
C
Nivel freático
Entrada de agua

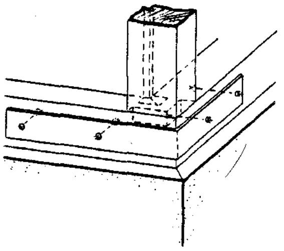
① Lesiones más importantes


Losetas de piedra natural
Lecho de arena
Suelo consolidado

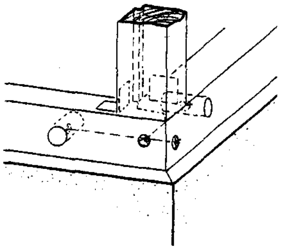
② Antiguo pavimento de piedra en edificios sin sótano


Baldosas sobre capa de mortero pobre
Papel de aceite
Aislam. térmico, rígido, 80 mm
Barrera contra el vapor
Capa de hormigón
Capa de nivelación (arena)

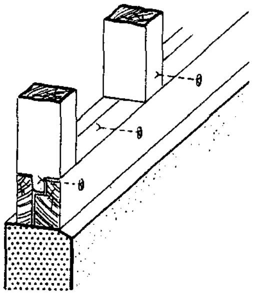
③ Renovación del pavimento con un aislamiento térmico y una barrera de vapor sobre capa de hormigón con mortero de cal



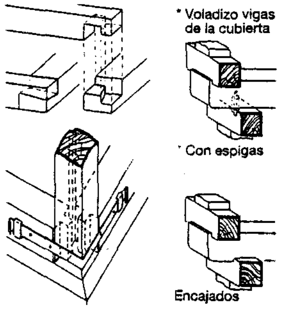
④ Refuerzo de esquina con escuadra de acero



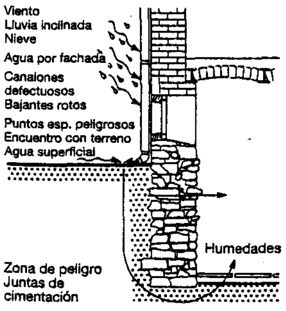
⑤ Cambio de la correa en dos fases del trabajo



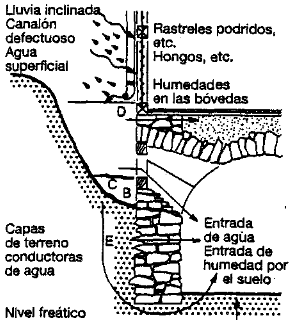
⑥ Cambio de la correa en dos fases del trabajo


* Voladizo vigas de la cubierta
* Con espigas
Encajados

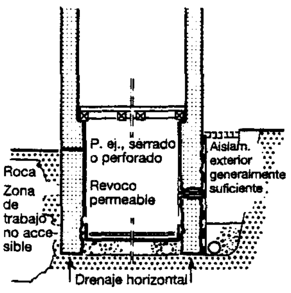
⑦ Posible conexión de las correas a 90° (solicitaciones a tracción y compresión)


Viento
Lluvia inclinada
Nieve
Agua por fachada
Canalones defectuosos
Bajantes rotos
Puntos esp. peligrosos
Encuentro con terreno
Agua superficial
Humedades
Zona de peligro
Juntas de cimentación

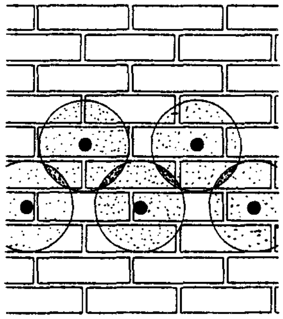
⑧ Lesiones principales debidas al agua superficial


Lluvia inclinada
Canalón defectuoso
Agua superficial
Rastreles podridos, etc.
Hongos, etc.
Humedades en las bóvedas
D
C
B
E
Capas de terreno conductoras de agua
Entrada de agua
Entrada de humedad por el suelo
Nivel freático

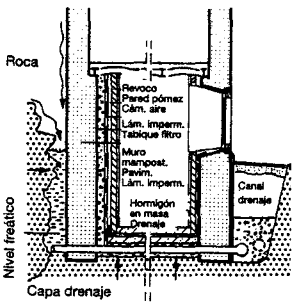
⑨ Lesiones principales debidas a la presión hidrostática del agua


P. ej., serrado o perforado
Revoco permeable
Roca
Zona de trabajo no accesible
Aislam. exterior generalmente suficiente
Drenaje horizontal

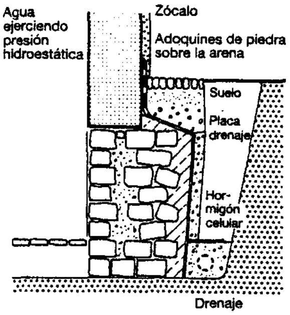
⑩ Aislamiento e impermeabilización horizontal en el sótano



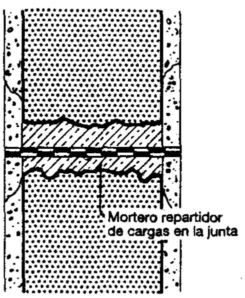
⑪ Estanquidad por inyección puntual


Roca
Revoco
Pared pómez
Cám. aire
Lám. imperm.
Tabique filtro
Muro mampost.
Pavim.
Lám. imperm.
Hormigón en masa
Drenaje
Canal drenaje
Nivel freático
Capa drenaje

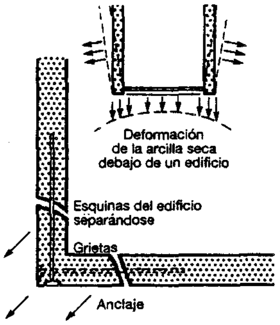
⑫ Rehabilitación de cimientos en contacto directo con el terreno


Agua ejerciendo presión hidroestática
Zócalo
Adoquines de piedra sobre la arena
Suelo
Placa drenaje
Hormigón celular
Drenaje

⑬ Impermeabilización horizontal realizada a posteriori (barrera en muro)


Mortero repartidor de cargas en la junta

⑭ Afianzamiento de una esquina agrietada

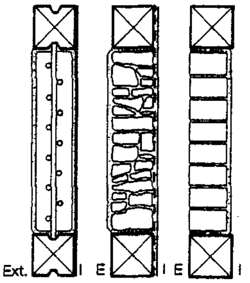

Deformación de la arcilla seca debajo de un edificio
Esquinas del edificio separándose
Grietas
Anclaje

⑮ Afianzamiento de una esquina agrietada

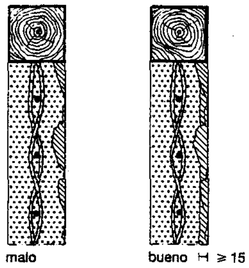
Elementos constructivos

MUROS

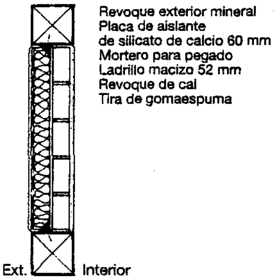
Obra de fábrica de piedra natural
Obra de fábrica de piedra artificia
Construcciones mixtas
Saneamiento de muros



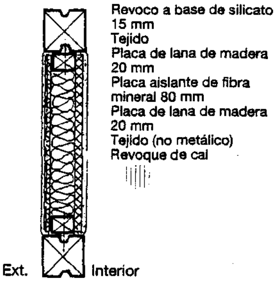
❶ Entrepaño de encestado de varillas de sauce recubierto de barro, fabricado con mampuestos o rellenado con ladrillos


malo
bueno ⊢ ≥ 15

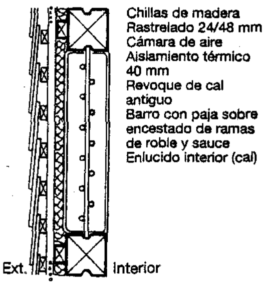
❷ Evitar uniones con escaso recubrimiento en la reparación de entrepaños de barro


Revoque exterior mineral
Placa de aislante de silicato de calcio 60 mm
Mortero para pegado
Ladrillo macizo 52 mm
Revoque de cal
Tira de gomaespuma
Ext.
Interior

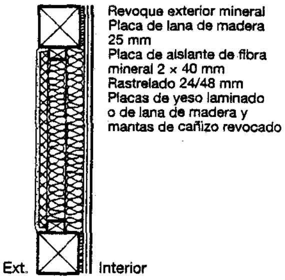
❸ Entramado pesado con entrepaños nuevos, cara vista por los dos lados, placas de aislante mineral y ladrillos


Revoco a base de silicato 15 mm
Tejido
Placa de lana de madera 20 mm
Placa aislante de fibra mineral 80 mm
Placa de lana de madera 20 mm
Tejido (no metálico)
Revoque de cal
Ext.
Interior

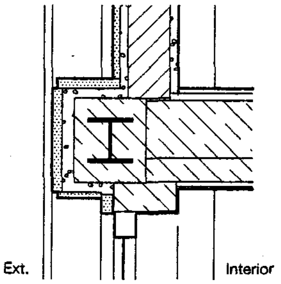
❹ Entramado de madera cara vista por ambos lados, ejecución ligera (sin capacidad calorífical)

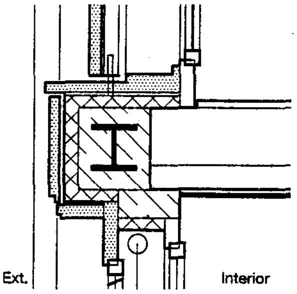

Chillas de madera
Rastrelado 24/48 mm
Cámara de aire
Aislamiento térmico 40 mm
Revoque de cal antiguo
Barro con paja sobre encestado de ramas de roble y sauce
Enlucido interior (cal)
Ext.
Interior

❺ Entramado visto por el interior, aislamiento exterior con material aislante de alta difusión de vapor bajo revestimiento con cámara de aire = protección constructiva de la madera

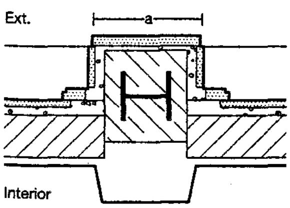

Revoque exterior mineral
Placa de lana de madera 25 mm
Placa de aislante de fibra mineral 2 × 40 mm
Rastrelado 24/48 mm
Placas de yeso laminado o de lana de madera y mantas de cañizo revocado
Ext.
Interior

❻ Construcción renovada de entrepaño con alto aislamiento térmico, entramado revestido por el interior sin barrera de vapor

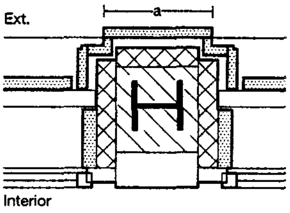

Ext.
Interior


Ext.
Interior

En el edificio existente se habían adherido con mortero las losas de piedra natural sobre la construcción de hormigón y el antepecho de fábrica. Para conservar el aspecto exterior y facilitar en el alzado interior de amplias puertas ventana se cambiaron la ventana y el antepecho por unas ventanas cajón con antepechos prefabricados de piedra natural. La construcción se saneó con losas de piedra natural sobre una estructura portante secundaria y un aislamiento térmico intermedio, sin alterar notablemente las proporciones del relieve.
Arqs.: Kister Scheithauer Gross


Ext.
a
Interior

❼ Situación existente: fachada de piedra natural sobre construcción de hormigón


Ext.
a
Interior

❽ Mejora del aislamiento térmico con conservación general del relieve determinante de la fachada y sus proporciones

Cerramientos

Los daños en los cerramientos se producen por desgaste natural (exposición a la intemperie), por un mantenimiento insuficiente y, con frecuencia, por arreglos y medidas de modernización inadecuadas. En el caso de reformas o remodelaciones, los cerramientos deben ser adaptados a las exigencias actuales en materia energética y estructural.

Entramado

Los cerramientos de entramado se caracterizan por separar la parte de madera portante de los entrepaños no portantes (que tienen que ejecutarse de modo que no tengan ninguna función portante). Originalmente, la construcción de madera prescindía de uniones metálicas y , por lo general, puede sanearse sin necesidad de elementos de acero o hierro (la condensación sobre las partes metálicas puede dañar la madera). Los rellenos originales de los entrepaños son (sobre todo en la Alemania norte) de obra de fábrica vista y de barro (en la Alemania central y sur) → ❶ – ❷. Puesto que la madera se hincha y se contrae, es inevitable la formación de fisuras en los encuentros con los entrepaños. Los listones de sección triangular y las ranuras de las vigas deben rellenarse para evitar el paso libre del aire. La protección de la madera (grandes aleros de cubierta, recubrimiento completo con revoque o entablados con cámara de aire) evita posibles daños causados por el agua que penetra desde el exterior. Los barnices impermeables y el sellado de juntas elásticas sellan la humedad que ya ha penetrado y, por ello, son una causa principal de daños de gran envergadura en entramados.

Deberían cuidarse siempre los entrepaños de barro y reparar los dañados. Las ventajas artesanales, físicas y biológicas de los rellenos de barro no pueden suplirse con ningún otro material. Incluso la contaminación por hongos y parásitos se observan con menos frecuencia que en otras ejecuciones de entrepaños. Hasta el momento no existe ningún relleno que pueda aconsejarse como material idóneo o equiparable al de barro → ❶ + ❺. Los rellenos de fábrica arriostran la construcción (lo que contradice los principios constructivos del entramado), y los ligeros no tienen capacidad calorífica.

Piedra natural y fachadas estucadas

Los muros macizos revestidos con piedra natural o estuco mejoran, en general, su rendimiento energético mediante un aislamiento por el interior → pág. 67 ❼. En caso de sustituir el revestimiento de piedra natural, puede aplicarse un aislamiento detrás de la fachada de piedra. Las placas de fachada tienen que ser montadas sobre una estructura secundaria autoportante, para que el relieve y las proporciones del orden de la fachada se mantengan. Si el esfuerzo necesario para aislar térmicamente el edificio es excesivo (económicamente inadmisible), la norma alemana prevé una excepción del cumplimiento de ciertas exigencias. En todos los casos de sistemas de aislamiento aplicados por el exterior, deben tenerse en cuenta aquellos que sobrepasan las alineaciones y ocupaciones según las normativas urbanísticas → ❼ + ❽.

Línea	Elemento constructivo	Medida según	Edificios de viviendas y zonas de edificios no residenciales con temperaturas interiores > 19 °C	Zonas de edificios no residenciales con temperaturas interiores de 12 hasta < 19 °C
1	Cerramientos	n° 1a-d	0,24	0,35
4a	Forjados, cubiertas y desvanes	n° 4.1	0,24	0,35
4b	Cubiertas planas	n° 4.2	0,2	0,35
5a	Forjados y cerramientos en contacto con espacios sin calefacción o terreno	n° 5a-b, 5d-e	0,3	Sin exigencias
5b	Construcciones de pavimentos	n° 5c	0,5	Sin exigencias
5c	Forjados que dan con su cara inferior al exterior	n° 5a-e	0,24	0,35

❾ Exigencias en los elementos constructivos para paramentos y forjados, según norma alemana EnEV 2009, en caso de saneamiento o remodelación de edificios existentes (ventanas y puertas → pág. 111)

FORJADOS

Estructuras de forjados
Saneamiento de forjados
Reparación de estructuras de hormigón
Pavimentos

DIN 1045
DIN 1055

véase también:
Física de la construcción, pág. 480 y ss.
Protección contra incendios, pág. 520 y ss.

FORJADOS

ESTRUCTURAS DE FORJADOS

Los forjados separan unas plantas de otras y, además de su función estructural, deben cumplir exigencias en materia de protección acústica y contra incendios.

Además de los principales materiales constructivos (piedras naturales/artificiales, hormigón, acero, madera y hormigón aligerado), según el **sistema estructural** se distinguen las construcciones **en bóveda** (solicitadas a compresión) y las **planas** (solicitadas a flexión).

Estas se pueden ejecutar como losas o vigas:

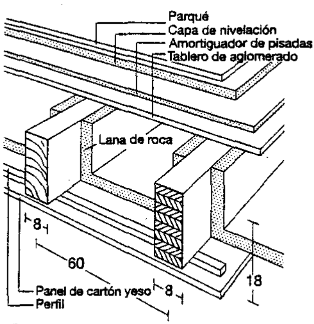
Las **losas** son estructuras planas uni o bidireccionales que reciben solicitaciones en sentido perpendicular a su superficie de apoyo, lineal o puntual.

Las formas más usuales son **losas macizas de hormigón armado** → ⑨ – ⑪, con hormigón in situ, prefabricados o con elementos semiprefabricados de **viguetas con bovedillas** → ⑤, unas piezas cerámicas de relleno portantes, **losas de hormigón pretensado aligeradas** → ⑥, compuestas de elementos singulares soldados, y **forjados mixtos** → ⑭.

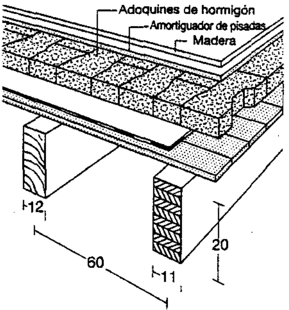
Los forjados de vigas están compuestos por vigas lineales solicitadas sobre todo a flexión.

Aparte de los **forjados de madera** → ① – ④ se utilizan forjados de **vigas macizas de hormigón** → ⑦ – ⑧, ⑬, y **forjados de vigas de acero** → ⑮.

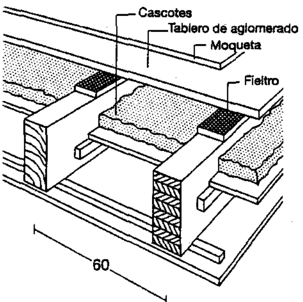
Para grandes luces y cargas se utilizan forjados mixtos **nervados de hormigón armado** → ⑫ y **forjados compuestos por vigas en T**.


Parqué
Capa de nivelación
Amortiguador de pisadas
Tablero de aglomerado
Lana de roca
8
60
Panel de cartón yeso
8
Perfil
18

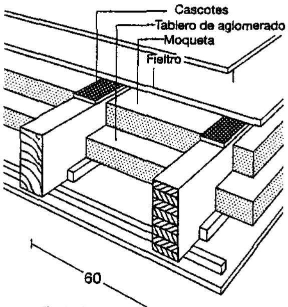
① Forjado de vigas de madera


Adoquines de hormigón
Amortiguador de pisadas
Madera
12
60
11
20

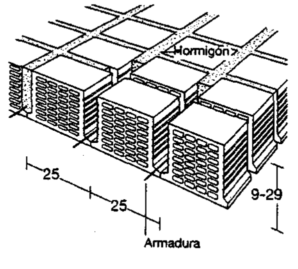
② Forjado de vigas de madera con parte inferior vista


Cascotes
Tablero de aglomerado
Moqueta
Fieltro
60

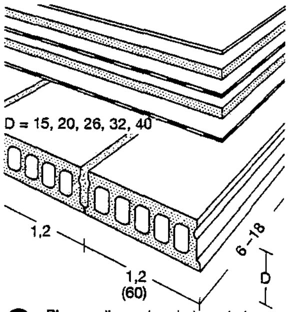
③ Forjado de vigas de madera con capa de cascotes


Cascotes
Tablero de aglomerado
Moqueta
Fieltro
60

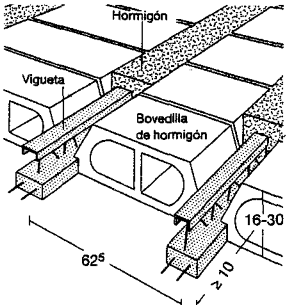
④ Forjado de vigas de madera con hormigón expandido y aislamiento intersticial


Hormigón
25
25
9-29
Armadura

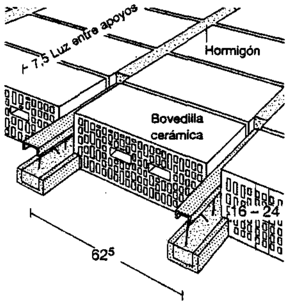
⑤ Forjado de hormigón armado y bovedillas como encofrado perdido


D = 15, 20, 26, 32, 40
1,2
1,2
(60)
6–18
D

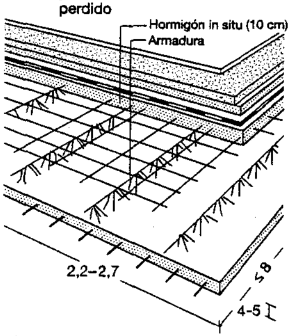
⑥ Placas aligeradas de hormigón pretensado


Hormigón
Vigueta
Bovedilla de hormigón
16-30
62⁵
≥ 10

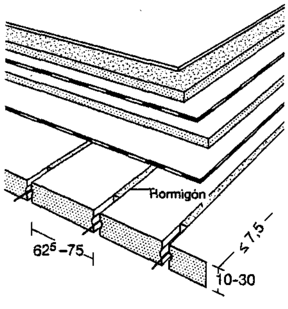
⑦ Forjados de elementos prefabricados con bovedillas


7,5 Luz entre apoyos
Hormigón
Bovedilla cerámica
16 – 24
62⁵

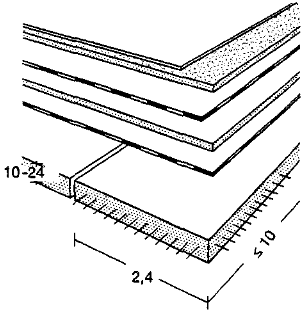
⑧ Forjado de bovedillas cerámicas y viguetas prefabricadas


Hormigón in situ (10 cm)
Armadura
2,2–2,7
≤ 8
4-5

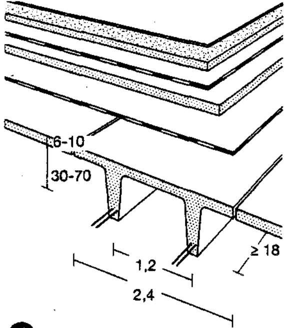
⑨ Losa con paneles de hormigón armado


Hormigón
62⁵ –75
≤ 7,5
10-30

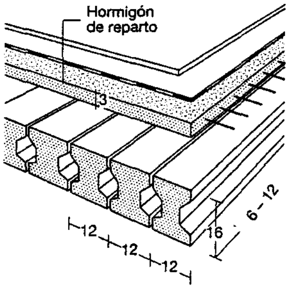
⑩ Placas de hormigón expandido



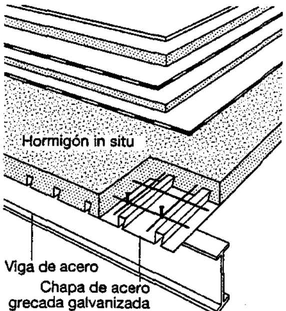
⑪ Paneles macizos de hormigón armado


6-10
30-70
1,2
2,4
≥ 18

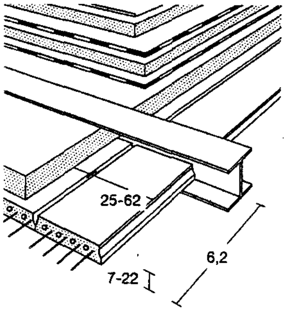
⑫ Panel nervado


Hormigón de reparto
3
12
12
12
16
6 – 12

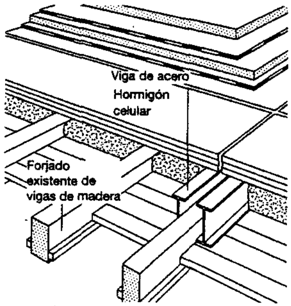
⑬ Forjado de vigas de hormigón armado adosadas


Hormigón in situ
Viga de acero
Chapa de acero grecada galvanizada

⑭ Forjado mixto



⑮ Forjado de viguetas de acero con relleno de placas de hormigón armado


Viga de acero
Hormigón celular
Forjado existente de vigas de madera

⑯ Forjado antiguo y nuevo

FORJADOS

SANEAMIENTO DE FORJADOS

Forjados

Antiguamente, el dimensionado de las vigas del forjado lo hacían los carpinteros basándose en la experiencia. Las cargas se transmiten a través de las viguetas, que se apoyan sobre una o más jácenas longitudinales. En un antiguo tratado de construcción de 1900 se indica la relación de 5:7 entre el canto de la viga y su anchura como punto de partida para determinar las dimensiones de la misma.

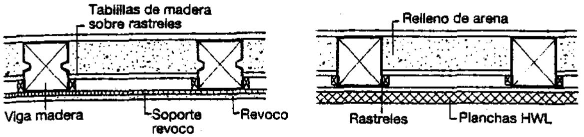
Como regla, la mitad de la luz en decímetros equivale al canto de la viga en centímetros. Debido a estos sistemas de dimensionado, los forjados de madera antiguos a menudo presentan flechas considerables que, sin embargo, no suponen un peligro para la estructura, siempre y cuando no se sobrepasen las tensiones permitidas. Posibilidades de saneamiento → ❶. Reforzar la viga maestra con una segunda viga de madera y mejorar el reparto de cargas colocando vigas de madera o de acero adicionales → ❶.

Reducir la luz montando una o más vigas maestras o particiones portantes. Las modificaciones constructivas de la estructura requieren el reconocimiento previo de las funciones de transmisión de cargas y arriostramiento de la estructura existente. Para garantizar una perfecta transmisión de cargas tiene que conocerse la resistencia contra los esfuerzos de todas las uniones.

Normalmente solo se logra una mejora del aislamiento acústico aumentando el peso del forjado; para ello debe mejorarse su capacidad portante. La separación del pavimento del forjado y el uso de pavimentos blandos ayuda a mitigar el ruido de impacto → ❶.

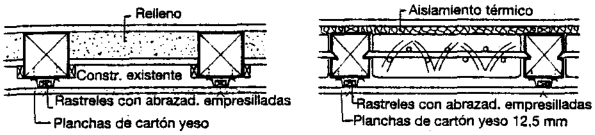
En el caso de que se aspire a conseguir un estándar de edificio de nueva planta tiene que cambiarse todo el forjado → pág. 67.

La instalación de espacios sanitarios sobre forjados de madera requiere de un espacial cuidado, puesto que resulta casi imposible revisar los puntos dañados, vicios o humedades de la construcción → ❹–❾.


Tablillas de madera sobre rastreles
Viga madera
Soporte revoco
Revoco
Relleno de arena
Rastreles
Planchas HWL

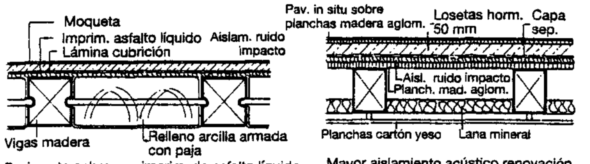
Construcción del forjado colocando un nuevo relleno sobre rastreles

Aislamiento térmico de un forjado de vigas de madera encima del sótano


Relleno
Constr. existente
Rastreles con abrazad. empresilladas
Planchas de cartón yeso
Aislamiento térmico
Rastreles con abrazad. empresilladas
Planchas de cartón yeso 12,5 mm

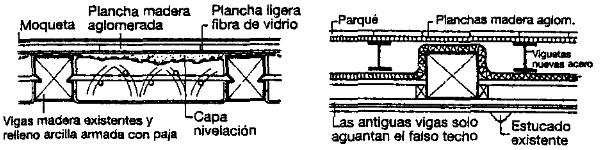
Mejora acústica mediante un falso techo suspendido

Mejora acústica de un forjado rellenado con arcilla


Moqueta
Imprim. asfalto líquido
Lámina cubrición
Aislam. ruido impacto
Vigas madera
Relleno arcilla armada con paja
Pav. in situ sobre planchas madera aglom.
Losetas horm. 50 mm
Capa sep.
Aisl. ruido impacto
Planch. mad. aglom.
Planchas cartón yeso
Lana mineral

Pavimento sobre una imprim. de asfalto líquido y aislamiento contra el ruido de impacto

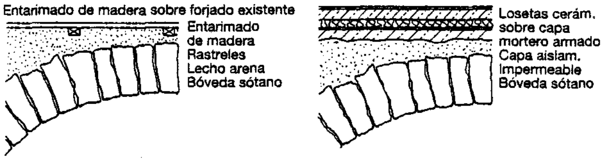
Mayor aislamiento acústico renovación forjado madera


Moqueta
Plancha madera aglomerada
Plancha ligera fibra de vidrio
Vigas madera existentes y relleno arcilla armada con paja
Capa nivelación
Parqué
Planchas madera aglom.
Viguetas nuevas acero
Las antiguas vigas solo aguantan el falso techo
Estucado existente

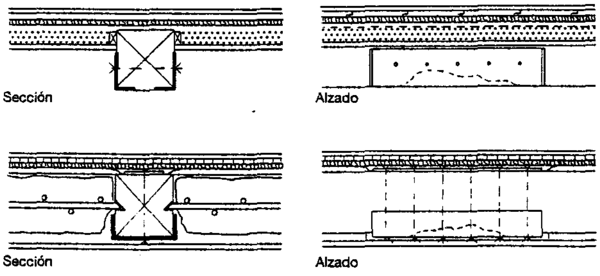
Nuevo revestimiento del suelo, moqueta sobre planchas de madera aglomerada + aislamiento contra el ruido de impacto

Colocación de una nueva capa portante de viguetas de acero (se conserva el entrevigado de madera existente con un valioso estucado)

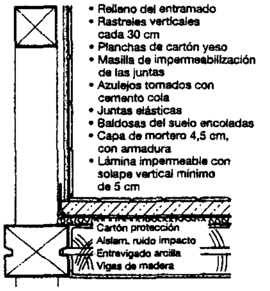
❶ Tipos de refuerzos en forjados de madera


Entarimado de madera sobre forjado existente
Entarimado de madera
Rastreles
Lecho arena
Bóveda sótano
Losetas cerám. sobre capa mortero armado
Capa aislam. impermeable
Bóveda sótano

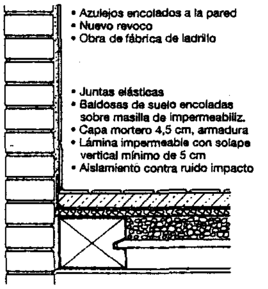
❷ Colocación de un pavimento nuevo sobre las bóvedas del sótano


Sección
Alzado
Sección
Alzado

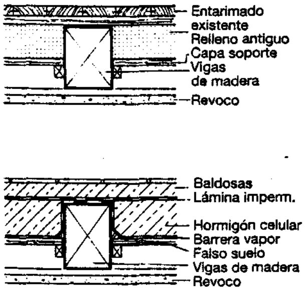
❸ Refuerzo de vigas


• Relleno del entramado
• Rastreles verticales cada 30 cm
• Planchas de cartón yeso
• Masilla de impermeabilización de las juntas
• Azulejos tomados con cemento cola
• Juntas elásticas
• Baldosas del suelo encoladas
• Capa de mortero 4,5 cm, con armadura
• Lámina impermeable con solape vertical mínimo de 5 cm
Cartón protección
Aislam. ruido impacto
Entrevigado arcilla
Vigas de madera

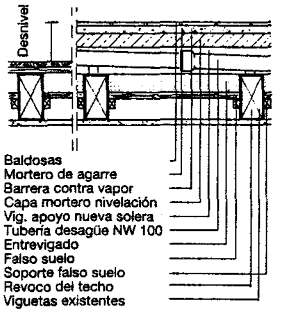
❻ Revestimiento de paredes y suelos en locales húmedos de un edificio de entramado de madera


• Azulejos encolados a la pared
• Nuevo revoco
• Obra de fábrica de ladrillo
• Juntas elásticas
• Baldosas de suelo encoladas sobre masilla de impermeabiliz.
• Capa mortero 4,5 cm, armadura
• Lámina impermeable con solape vertical mínimo de 5 cm
• Aislamiento contra ruido impacto

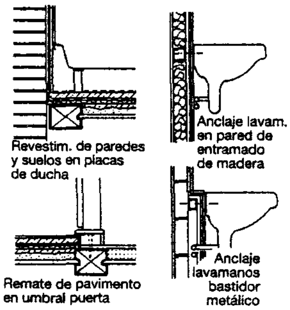
❼ Revestimiento de paredes y suelos en locales húmedos de un edificio de entramado de madera


Entarimado existente
Relleno antiguo
Capa soporte
Vigas de madera
Revoco
Baldosas
Lámina imperm.
Hormigón celular
Barrera vapor
Falso suelo
Vigas de madera
Revoco

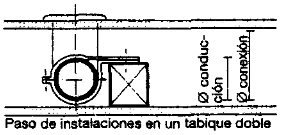
❹ Impermeabilización convencional de forjados de madera en edificios antiguos


Desnivel
Baldosas
Mortero de agarre
Barrera contra vapor
Capa mortero nivelación
Vig. apoyo nueva solera
Tubería desagüe NW 100
Entrevigado
Falso suelo
Soporte falso suelo
Revoco del techo
Viguetas existentes

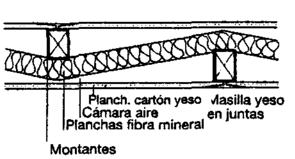
❺ Colocación de tubería de desagüe debajo del nuevo pavimento


Revestim. de paredes y suelos en placas de ducha
Anclaje lavam. en pared de entramado de madera
Remate de pavimento en umbral puerta
Anclaje lavamanos bastidor metálico

❽ Detalles constructivos más importantes en locales húmedos


Ø conducción
Ø conexión

Paso de instalaciones en un tabique doble


Planch. cartón yeso
Masilla yeso en juntas
Cámara aire
Planchas fibra mineral
Montantes

❾ Doble tabique con aislamiento acústico

FORJADOS

REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Exigencias

Antes de sanear edificios de hormigón deberá realizarse un análisis del estado actual y de los daños. Para ello deben tenerse especialmente en cuenta los siguientes puntos:

Superficies: daños por recubrimiento insuficiente de la armadura a causa de normativas anteriores menos exigentes y frecuentemente de una ejecución inadecuada. La carbonatación (cambio del hormigón de un ambiente alcalino a otro ácido debido a agentes medioambientales) produce la corrosión de la armadura, que a su vez provoca desconchados en la superficie del hormigón.

Juntas: las masillas de las juntas deberían renovarse en un máximo de diez años. Si no es así, se producen deterioros debidos al agua que entra en la construcción (p. ej., daños por heladas).

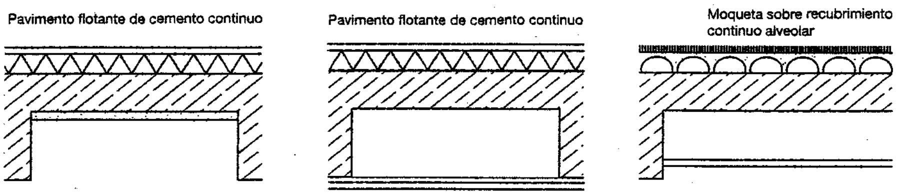
Elementos constructivos: si los grosores de muros y forjados son insuficientes con relación a las exigencias de la protección contra incendios y ruido, son precisas medidas adicionales.

Materiales de construcción para la sustitución de hormigón:

- Hormigón de cemento y mortero de cemento (CC)
- Hormigón de cemento y mortero de cemento modificados con polímeros (PCC)
- Hormigón de cemento y mortero de cemento modificado con epoxi (ECC).

Los morteros y los hormigones con aditivos de resinas sintéticas no son aptos para mejorar la seguridad contra incendios.

Las superficies deben estar limpias y presentar la cohesión superficial requerida. La abrasión de grandes capas de hormigón y la retirada del óxido de la armadura debería ejecutarse con chorro de agua a alta presión. Si se recubre con el grosor exigido por la norma DIN 1045, no se requiere la aplicación adicional de anticorrosivos en la armadura. Si solo puede ejecutarse un recubrimiento menor, la armadura se tratará con anticorrosivos, por lo que se exigen mayores requerimientos al proceso de desoxidación.

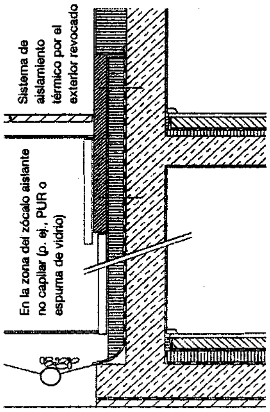

Pavimento flotante de cemento continuo
Pavimento flotante de cemento continuo
Moqueta sobre recubrimiento continuo alveolar

El hormigón proyectado (aprox. 3 cm) aumenta el recubrimiento de la armadura y mejora la protección contra incendios y el ruido aéreo.

Los falsos techos deben aportar la completa protección contra incendios (en este caso F90) o no deben tenerse en cuenta. Ventaja: también se mejora la protección contra el ruido de impacto.

Falso techo F 90 entre los nervios en espacios de poca altura. En el caso de pavimentos de cemento continuos unidos al forjado, puede mejorarse la protección contra el ruido de impacto con una moqueta.

① Mejora de forjados de hormigón en la rehabilitación o la remodelación de edificios


Sistema de aislamiento térmico por el exterior revocado
En la zona del zócalo aislante no capilar (p. ej., PUR o espuma de vidrio)

② Mejora de los cerramientos exteriores con sistemas de aislamiento por el exterior

Magnitud de evaluación	Método de ensayo/herramienta
Presencia de oquedades	Percusión con martillo o barra de acero, método de "cadena arrastrada"
Resistencia a tracción de la superficie	Herion, Schenk-Trebel o similares
Resistencia a compresión (no destructivo)	Esclerómetro
Grosor de fisuras	Cuentahilos, fisurómetro
Cambio de grosor de fisuras	Testigos, dilatómetro, sensor de desplazamiento inductivo
Carbonatación	Prueba de la fenolftaleína en roturas recientes
Presencia de cloruros	Rociado con disolución de nitrato de plata (cualitativo), método rápido de medición de contenido de cloruros con tiras Quantab (semicuantitativo)
Recubrimiento de armadura	Instrumentos de medición electromagnéticos
Actividades de corrosión	Medición del campo potencial
Grado de corrosión de la armadura	Pie de rey

③ Métodos de ensayo de la calidad del hormigón [04]

Clase de exposición	Ejemplos para condiciones del medio ambiente	Ferralla			Acero de pretensar		
		general.	Estructuras bidimension.	C40/50	general.	Estructuras bidimension.	C40/50
1	Interiores de edificios residenciales o de oficinas (solo válido si no predominaron durante largo tiempo condiciones peores en la ejecución de la obra)	15	15	15	25	25	25
2 2a	– Espacios del edificio con humedad alta (p. ej., lavaderos) – Elementos constructivos exteriores – Elementos constructivos en terreno y/o agua no agresivos	20	15	15	30	25	25
2b	– Elementos constructivos expuestos a heladas – Elementos constructivos en terreno/agua no agresivo con heladas – Elem. constr. con humedad atmosférica alta y acción de heladas	25	20	20	35	30	30
3	– Elem. constr. exteriores expuestos a heladas y sales de deshielo	40	35	35	50	45	45
4 tamb. con heladas	– Elementos constructivos en la zona de salpicadura o elementos sumergidos en agua de mar con una superficie expuesta al aire – Elementos de construcción en aire salino (zona costera inmediata)	40	35	35	50	45	45
5 5a	ambiente ligeramente agresivo químicamente (agentes gaseosos, líquidos, sólidos), atmósfera industrial agresiva	25	20	20	35	30	30
5b	amb. medianam. agresivo quím. (agent. gaseosos, líquidos, sólidos)	30	25	25	40	35	35
5c	amb. altam. agresivo quím. (agentes gaseosos, líquidos, sólidos)	40	35	35	50	45	50

④ Recubrimiento mínimo de la armadura (hormigón armado) según EC 2 [05]

antiguo	B 15	B 20	B 25	B 30	–	B 40	–	B 50	–	B 60
nuevo	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	–	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60

⑤ Nuevas denominaciones de las categorías de resistencia del hormigón según EC 2

DIN 18560

véase también:
Física de la construcción, pág. 480 y ss.
Protección contra incendios, pág. 520 y ss.
Calefacción, pág. 541 y ss.

Construcción de pavimentos

Generalmente, los pavimentos se componen de varias capas. Están formadas por: paramento (**suelo**), **recrecido o recubrimiento continuo de cemento** (quizá con estructura auxiliar), capas de **desolidarización, impermealización y aislamiento.** El tipo, el orden y el grosor de cada capa se rigen según las exigencias de la protección térmica, acústica y contra la humedad (impermeabilización con la filtración de agua desde la superficie). La ejecución se realiza con un recrecido adherido al forjado → ❶, **recrecido sobre desolidarización** → ❷ o **recubrimiento continuo flotante** → ❼. Para ello se distinguen recubrimientos de cemento, recubrimientos autonivelantes anhídricos y asfalto. La resistencia de estos recubrimientos depende del grosor y la calidad del recubrimiento, así como de las capas adicionales (p. ej., aislante).

Tiene que tenerse en cuenta la disposición de juntas de movimiento.

Recrecido

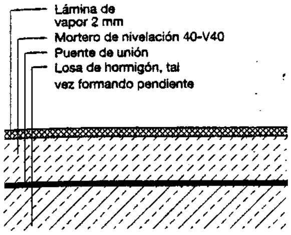


Lámina de vapor 2 mm
Mortero de nivelación 40-V40
Puente de unión
Losa de hormigón, tal vez formando pendiente

❶ Recrecido (para superficies industriales) grosor aprox. 4 cm, carga móvil 10 kN/m²

Recubrimiento continuo de cemento sobre capa de desolidarización

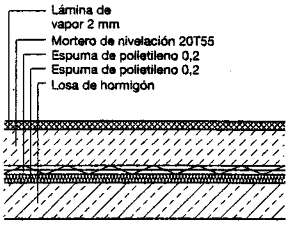
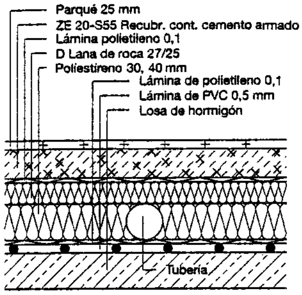
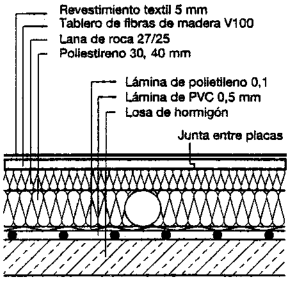


Lámina de vapor 2 mm
Mortero de nivelación 20T55
Espuma de polietileno 0,2
Espuma de polietileno 0,2
Losa de hormigón

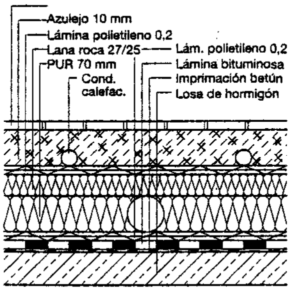
❷ Pavimento para espacios de servicio en sótanos: grosor aprox. 6 cm, carga móvil 2 kN/m²


Parqué 25 mm
ZE 20-S55 Recubr. cont. cemento armado
Lámina polietileno 0,1
D Lana de roca 27/25
Poliestireno 30, 40 mm
Lámina de polietileno 0,1
Lámina de PVC 0,5 mm
Losa de hormigón
Tubería

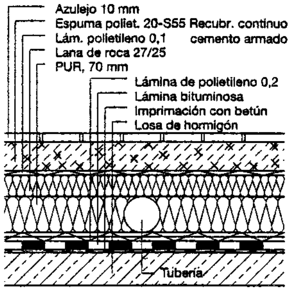
❸ Pavimento para forjados entre espacios de viviendas: grosor aprox. 14,5 cm, carga móvil 2 kN/m²


Revestimiento textil 5 mm
Tablero de fibras de madera V100
Lana de roca 27/25
Poliestireno 30, 40 mm
Lámina de polietileno 0,1
Lámina de PVC 0,5 mm
Losa de hormigón
Junta entre placas

❹ Como → ❸, pero con pavimento flotante seco aprox. 10,5 cm, carga móvil 2 kN/m²

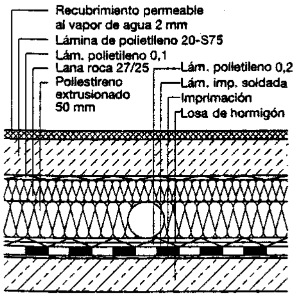

Azulejo 10 mm
Lámina polietileno 0,2
Lana roca 27/25
PUR 70 mm
Cond. calefac.
Lám. polietileno 0,2
Lámina bituminosa
Imprimación betún
Losa de hormigón

❺ Pavimento para espacios de viviendas sobre espacios fríos (con suelo radiante): grosor aprox. 19 cm, carga móvil 2 kN/m²

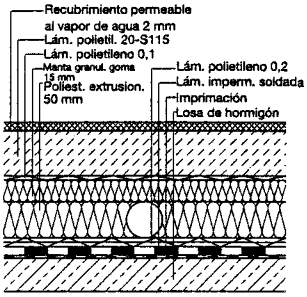

Azulejo 10 mm
Espuma poliet. 20-S55 Recubr. continuo cemento armado
Lám. polietileno 0,1
Lana de roca 27/25
PUR, 70 mm
Lámina de polietileno 0,2
Lámina bituminosa
Imprimación con betún
Losa de hormigón
Tubería

❻ Como → ❺, pero sin suelo radiante: grosor aprox. 17 cm, carga móvil 2 kN/m²

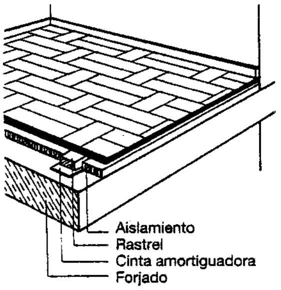
Pavimentos flotantes de cemento


Recubrimiento permeable al vapor de agua 2 mm
Lámina de polietileno 20-S75
Lám. polietileno 0,1
Lana roca 27/25
Poliestireno extrusionado 50 mm
Lám. polietileno 0,2
Lám. imp. soldada
Imprimación
Losa de hormigón

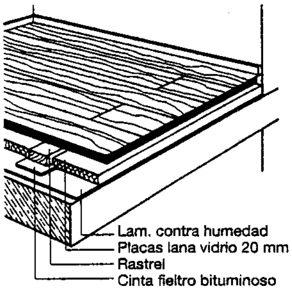
❼ Pavimentos para superficies comerciales: grosor aprox. 16 cm carga móvil 5 kN/m²


Recubrimiento permeable al vapor de agua 2 mm
Lám. polietil. 20-S115
Lám. polietileno 0,1
Manta granul. goma 15 mm
Poliest. extrusion. 50 mm
Lám. polietileno 0,2
Lám. imperm. soldada
Imprimación
Losa de hormigón

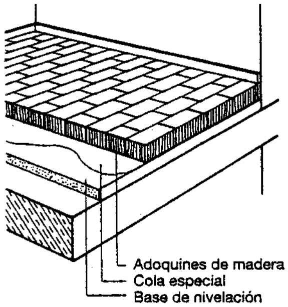
❽ Como → ❼, pero para cargas mayores: grosor aprox. 19 cm carga móvil 10 kN/m²


Aislamiento
Rastrel
Cinta amortiguadora
Forjado

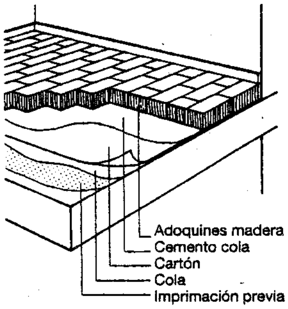
❾ Elementos de un parqué prefabricado sobre rastreles


Lam. contra humedad
Placas lana vidrio 20 mm
Rastrel
Cinta fieltro bituminoso

❿ Elementos de un parqué prefabricado colocado sobre rastreles


Adoquines de madera
Cola especial
Base de nivelación

⓫ Adoquines de madera, colocados a tope, con tratam. de la superficie


Adoquines madera
Cemento cola
Cartón
Cola
Imprimación previa

⓬ Adoquines de madera, colocados a tope, sobre una base de hormigón

Los **pavimentos prefabricados** (en seco) cobran más importancia cuando existen plazos de ejecución reducidos: se fabrican con tableros de productos de madera unidos de modo que transmiten cargas (p. ej., tableros de partículas aglomeradas con resinas sintéticas), placas de fibras de yeso o cartón yeso. La puesta en obra se realiza de modo flotante sobre paneles de aislante o vertidos en seco → ❹ o sobre durmientes de madera.

Pavimentos de madera

El parqué se comercializa en tablillas, mosaico, piezas prefabricadas y tablas de entarimado → ❾ – ❿. Las maderas pueden ser diversas y se presentan en diferentes calidades. Maderas para tarimas: pino, abeto del país. Tablas machihembradas: pino/abeto nórdico, pino rojo americano, entarimado de pino bronco.

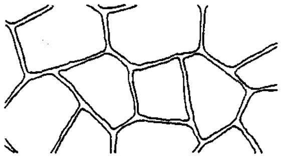
El entarugado se fabrica con tacos de madera con la superficie vista y cortada en dirección transversal a la fibra (de forma cuadrada o redonda); se coloca sobre una solera de hormigón → ⓫ – ⓬.

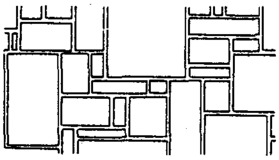
Pavimentos

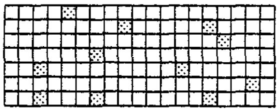
Pavimentos de piedra natural: las losetas de piedra caliza, arenisca o pizarra se pueden colocar sin pulir, semipulidas o pulidas. → ① - ②. Las losetas aserradas de piedra caliza (mármol), de arenisca y de todas las piedras de origen volcánico, presentan superficies que se pueden labrar a voluntad. Colocación: sobre un lecho de mortero o encoladas sobre una capa de nivelación.

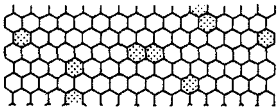
Pavimentos de baldosas: de piedra de diferentes colores. Material: vidrio, cerámica o piedra natural sobre mortero o encoladas → ③ - ⑧.

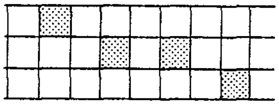
Pavimentos cerámicos: las losetas de piedra artificial, mosaicos, y gres, fabricadas a altas temperaturas apenas absorben el agua. Por este motivo, resisten perfectamente las heladas, en menor grado los ácidos, y apenas se desgastan mecánicamente, aunque no siempre resisten el aceite y las grasas → ⑤ - ⑫.

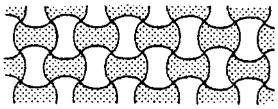

① Losetas de piedra natural colocadas irregularmente

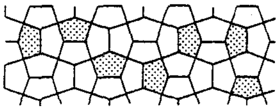

② Losetas de piedra natural con aparejo normal

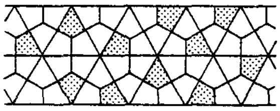

③ Baldosas pequeñas; piezas cuadradas de 20/20 o 33/33 mm

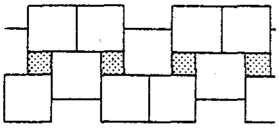

④ Baldosas pequeñas; piezas hexagonales de 25/39 o 50/60 mm

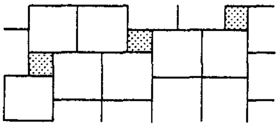

⑤ Baldosas grandes; piezas cuadradas de 50/50, 69/69 o 75/75 mm

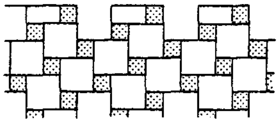

⑥ Baldosas pequeñas; piezas curvas de 35/35 o 48/48 mm

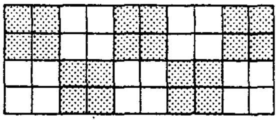

⑦ Baldosas pequeñas; piezas pentagonales de 45/32 mm

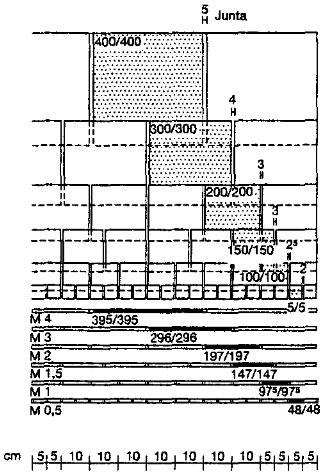

⑧ Baldosas pequeñas; piezas Essen de 57/80 mm

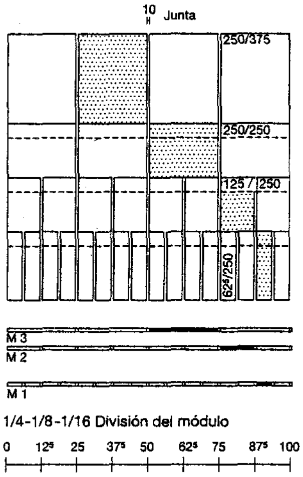

⑨ Piezas cuadradas con incrustaciones

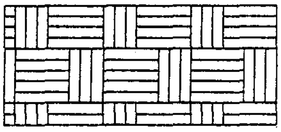

⑩ Piezas cuadradas con incrustaciones; 100/100, 50/50 mm

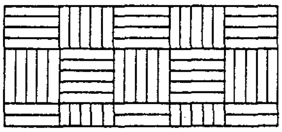

⑪ Piezas cuadradas con incrustaciones desplazadas (olambrilla)

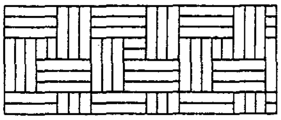

⑫ Piezas cuadradas formando un damero

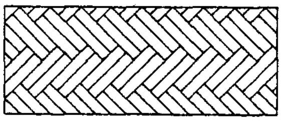

5 H Junta
400/400
4 H
300/300
3 H
200/200
3 H
150/150
2⁵
100/100
2
5/5
M 4 395/395
M 3 296/296
M 2 197/197
M 1,5 147/147
M 1 97⁵/97⁵
M 0,5 48/48
cm 5 5 10 10 10 10 10 10 10 5 5 5 5
㉑ Sistema modular de placas de piedra artificial

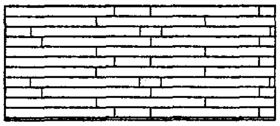

10 H Junta
250/375
250/250
125/250
62⁵/250
M 3
M 2
M 1
1/4-1/8-1/16 División del módulo
0 12⁵ 25 37⁵ 50 62⁵ 75 87⁵ 100
㉒ Sistema modular con baldosa cerámica cortada

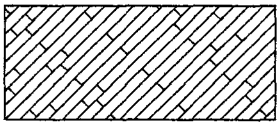

⑬ Parqué de mosaico

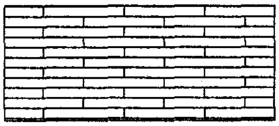

⑭ Dibujo trenzado

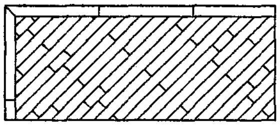

⑮ Parqué de mosaico

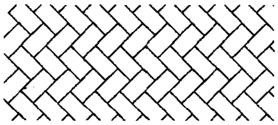

⑯ Dibujo en espina de pez

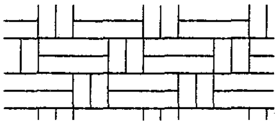

⑰ Tarima

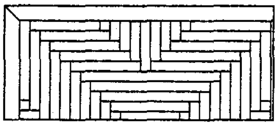

⑱ Tarima en diagonal

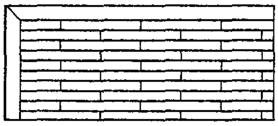

⑲ Inglés

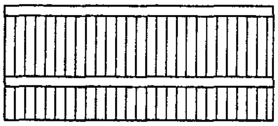

⑳ Tarima con ribete

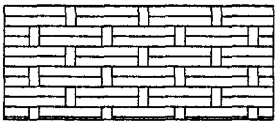

㉓ Espina de pez

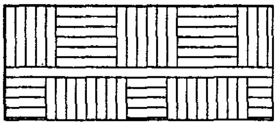

㉔ Trenzado

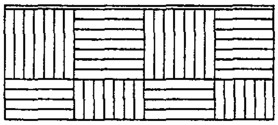

㉕ Espina de pez con ribete


㉖ Inglés con ribete


㉗ Dibujo en escalera de mano


㉘ Dibujo trenzado

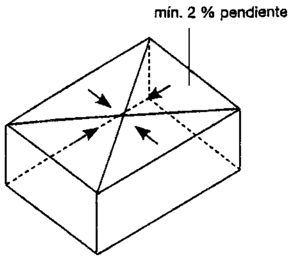

㉙ Dibujo laminar


㉚ Dibujo en damero

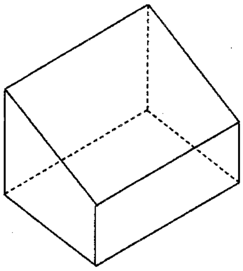
CUBIERTAS

MORFOLOGÍA DE CUBIERTAS

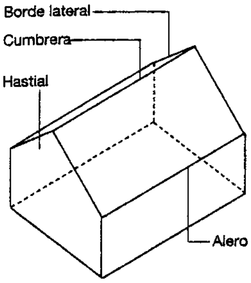
El **tipo** y la **pendiente de la cubierta,** la elección del material de cubrición y la forma de los bordes laterales de la cubierta y del alero determinan la imagen exterior de los edificios.
❶ – ⓰ formas básicas de cubiertas y elementos salientes.



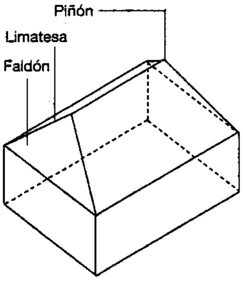
❶ Cubierta plana



❷ Cubierta a un agua



❸ Cubierta a dos aguas

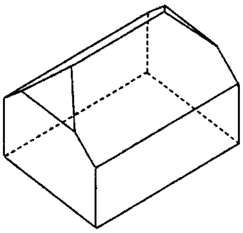


❹ Cubierta a cuatro aguas

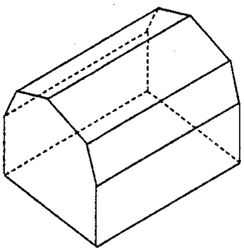
Pendiente de las cubiertas

Cubierta transpirable	2-4°	normalmente 3-4°
Cubierta de cemento Hausler	2,5-4°	normalmente 3-4°
Cubierta de cartón con grava	3-30°	normalmente 4-10°
Cubierta de dos capas de cartón	4-50°	normalmente 6-12°
Cubierta de chapa de cinc con juntas empresilladas	3-90°	normalmente 5-30°
Cubierta sencilla de cartón	8-15°	normalmente 10-12°
Cubierta de chapa lisa	12-18°	normalmente 15°
Cubierta de tejas (con 4 encajes)	18-50°	normalmente 22-45°
Cubierta de chillas	18-21°	normalmente 19-20°
Cubierta de tejas planas normales	20-33°	normalmente 22°
Cubierta de plancha ondulada de cinc o aluminio	18-35°	normalmente 25°
Cubierta de placas onduladas de fibrocemento	5-90°	normalmente 30°
Cubierta de placas de pizarra artificial	20-90°	normalmente 25-45°
Cubierta de pizarra, doble	25-90°	normalmente 30-50°
Cubierta de pizarra convencional	30-90°	normalmente 45°
Cubierta de vidrio	30-45°	normalmente 33°
Cubierta doble de tejas	30-60°	normalmente 45°
Cubierta de corona de tejas	35-60°	normalmente 45°
Cubierta de teja árabe	40-60°	normalmente 45°
Cubierta de escamas de madera	45-50°	normalmente 45°
Cubierta de paja o cañas	45-80°	normalmente 60-70°

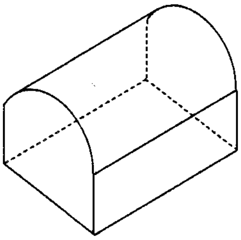
❶ Pendiente de las cubiertas



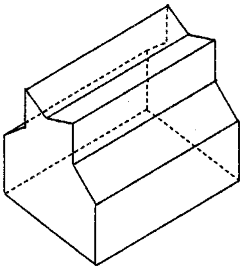
❺ Cubierta a dos aguas con piñones truncados



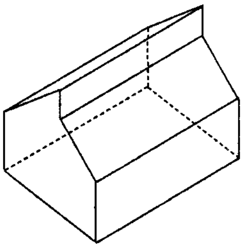
❻ Cubierta mansarda



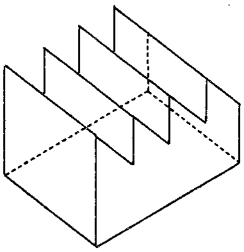
❼ Cubierta abovedada



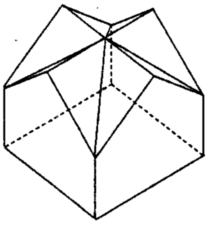
❽ Cubierta combinada



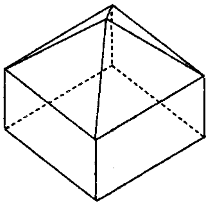
❾ Cubierta escalonada



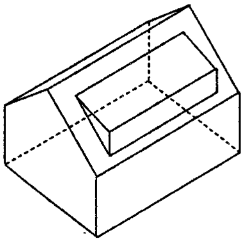
❿ Cubierta en diente de sierra



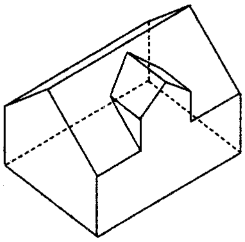
⓫ Cubierta en cruz



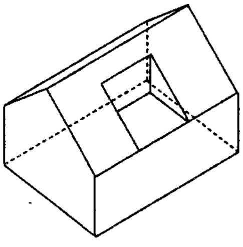
⓬ Cubierta en pabellón



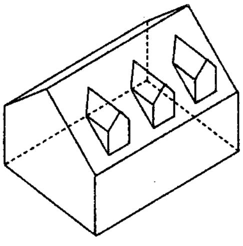
⓭ Cubierta con buharda



⓮ Cubierta con saledizo



⓯ Cubierta con balcón recortado



⓰ Cubierta con buhardas en vertical

CUBIERTAS

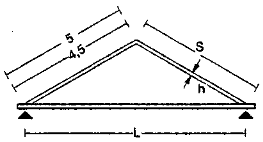
CUBIERTAS INCLINADAS

Las cubiertas forman el cerramiento superior de los edificios y lo protegen de la lluvia y de las inclemencias del clima (viento, frío, calor). Se componen de una parte portante (**estructura, armadura**) y una **cubrición**. La elección de la estructura de la cubierta depende del material (madera, acero, hormigón armado), la pendiente, el tipo y el peso de la cubrición, las acciones a las que está sometida (peso propio, carga móvil, viento, nieve), etc. En los sistemas estructurales de la cubierta inclinada se distinguen tradicionalmente los **armazones de par y picadero** y de **cabios** o **cabios atirantados**. Se caracterizan por las funciones diferentes de los elementos portantes → ❶ – ❸.

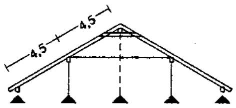
Cubierta de par y picadero

La cubierta de par y picadero es la forma más simple de cubierta inclinada: los pares se apoyan sobre durmientes (picaderos) montados directamente sobre los muros (principio de la cubierta a un agua) o que, como armaduras, forman jácenas que concentran las cargas y las transmiten a través de pies derechos (postes) en diferentes órdenes. Las armaduras de par y picadero se presentan en edificios de poco fondo. Consisten en una armadura apuntalada por un poste en el eje central, en fondos y longitudes de cabios mayores apoyados en dos o tres filas de postes → ❷.

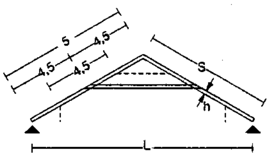
Para la ejecución de cubiertas de par y picadero de grandes luces existen diversas formas constructivas (p. ej., cuchillos apuntalados → ❽ y cuchillos con pendolón → ❺).



❶ Cubierta de cabios

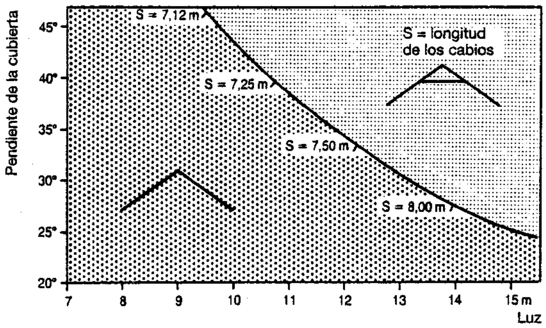


❷ Cubierta de par y alero

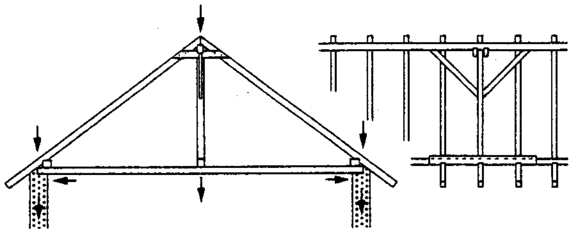


❸ Cubierta de cabios atirantados

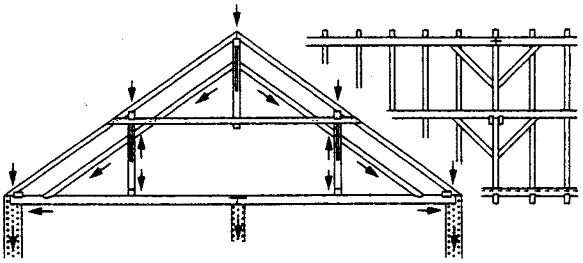
Pendiente de la cubierta en grados	Luz entre apoyos L en metros	Canto de los cabios h
15-40	10-20	$h\ ^{2}\ \frac{1}{25} \times S$
30-60	10-20	$h\ ^{2}\ \frac{1}{30} \times S$



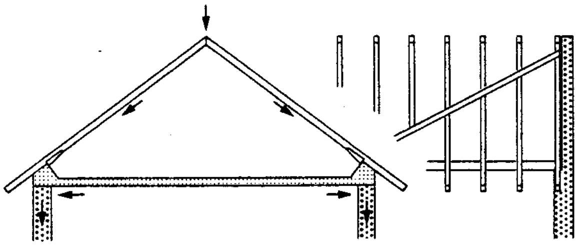
❹ Límite de rentabilidad de las cubiertas simples de cabios y las cubiertas con cabios atirantados



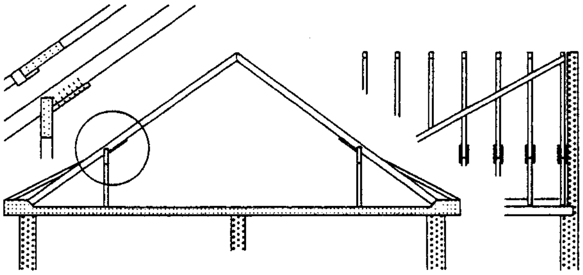
❺ Cubierta con correas y pendolón central



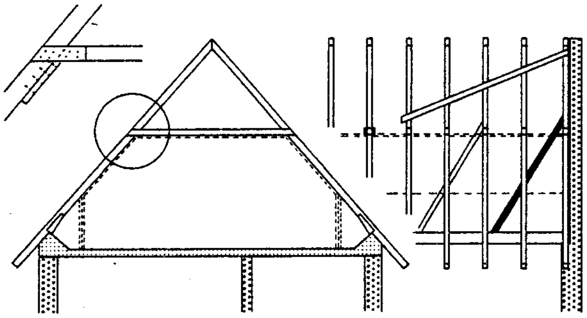
❽ Cubierta con correas y pendolón central apuntalado



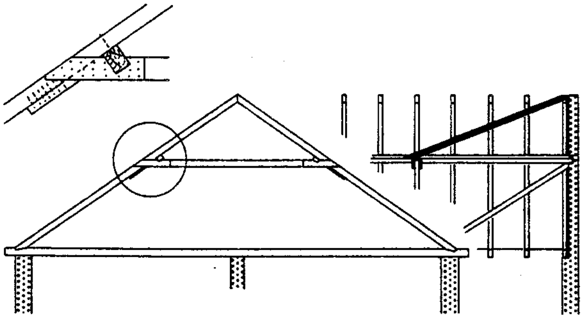
❻ Cubierta simple de cabios



❾ Cubierta de cabios con tirantillos verticales



❼ Cubierta de cabios atirantados y desván habitable

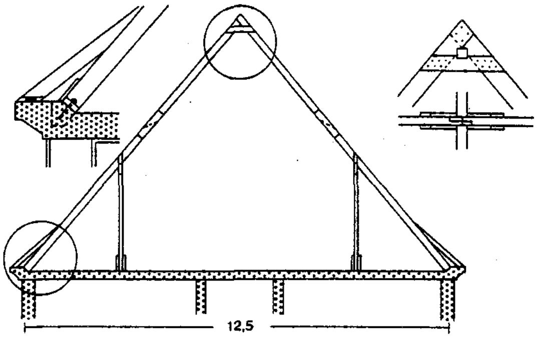


❿ Cubierta de cabios atirantados y correas

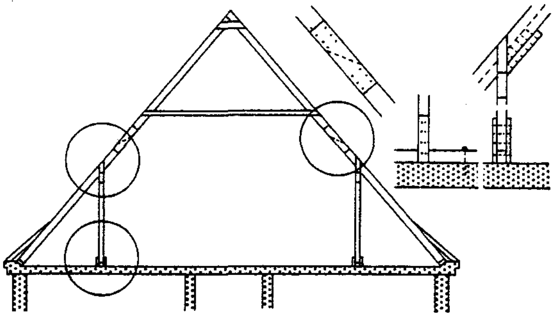
Cubierta de par e hilera

La cubierta de par e hilera es un sistema en el que, con una viga (o la franja respectiva de un forjado de hormigón), **dos cabios** forman una **cercha** (principio del triángulo indeformable → pág. 98 ❶).

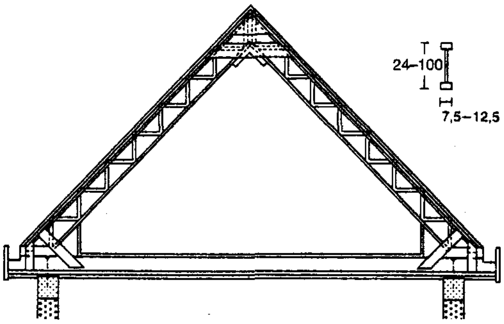
El peso de la cubierta se transmite sin que el forjado transmita cargas a los cerramientos del edificio, de modo que son posibles unos **espacios bajocubierta diáfanos.** El ensamble necesario, que es resistente a tracción, entre el apoyo del cabio y la viga del forjado mediante el denominado "embarbillado", tiene como consecuencia el quebranto característico de las vertientes de las cubiertas de par e hilera, que se atenúa con el **ejión de alero** sobre el **cogote de la viga** (cubiertas modernas de par e hilera con apoyo hormigonado en el borde del forjado o herrajes de apoyo de cabio pueden ejecutarse sin quebranto del faldón ❻). Para grandes fondos de edificio (con longitudes de cabio de más de 4,5 m), los cantos de cabio resultan antieconómicos, y en estos casos se realiza un arriostramiento mediante **puentes** → pág. 98 ❼. Las **cubiertas de cabios atirantados** son aptos para fondos de edificio de hasta unos 12 m (longitud de cabio hasta 8 m, longitud del puente hasta 4 m). Se pueden conseguir luces mayores con vigas modernas (p. ej., vigas de celosía → ❸, vigas en doble T de alma de contrachapado ondulada Wellsteg → ❹) o de madera laminada prefabricadas → ❺.



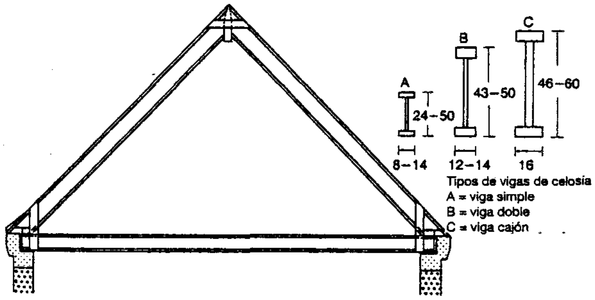
❶ Cubierta de cabios de doble apoyo y tirantillos verticales



❷ Cubierta de cabios de doble apoyo y triple rigidización


24–100
7,5–12,5

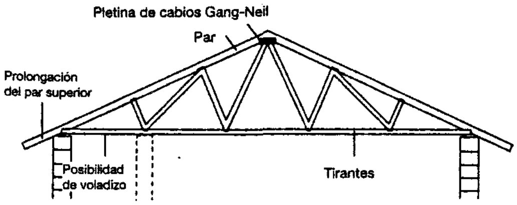
❸ Cubierta de cabios encolados de celosía (con garantía indefinida) y tornapuntas a 45°, luz máxima ≤ 25 m


A
B
C
24–50
43–50
46–60
8–14
12–14
16

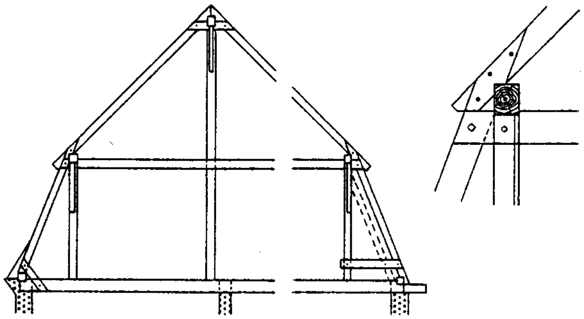
Tipos de vigas de celosía
A = viga simple
B = viga doble
C = viga cajón

❹ Cubierta de cabios con vigas de madera laminada; relación entre canto y luz: 1:15-1:20

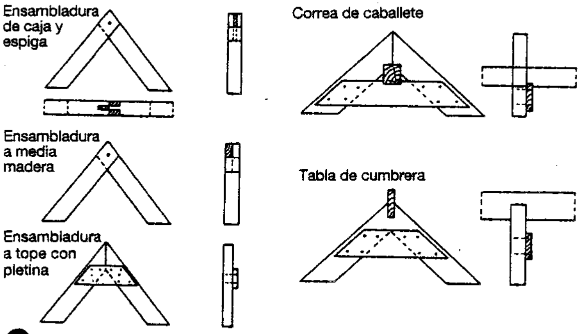
Pendiente (cubierta a dos vertientes): 6°, 15° y 25°
Pendiente (cubierta a una vertiente): 6°, 10° y 15°


Pletina de cabios Gang-Neil
Par
Prolongación del par superior
Posibilidad de voladizo
Tirantes

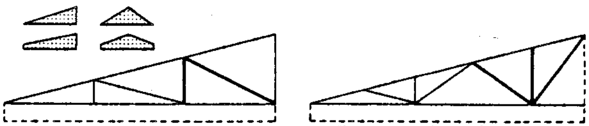
❺ Cercha prefabricada tipo Gang-Neil, dimensionada según medidas octamétricas y realizable como cubierta plana, a una vertiente o a dos



❻ Cubierta con mansarda

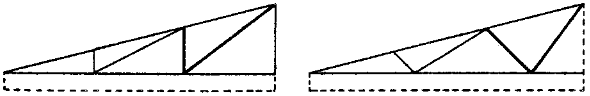

Ensambladura de caja y espiga
Ensambladura a media madera
Ensambladura a tope con pletina
Correa de caballete
Tabla de cumbrera

❼ Uniones



a) Tornapuntas descendentes con tirantillos verticales

d) Tornapuntas descendentes y ascendentes con tirantillos verticales



b) Tornapuntas ascendentes con tirantillos verticales

a) Tornapuntas descendentes y ascendentes

❽ Diferentes tipos de cerchas y rigidizaciones

CUBIERTAS

CUBIERTAS INCLINADAS

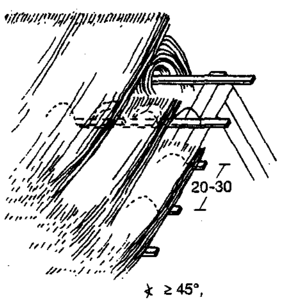
Recubrimientos de tejados

Cubierta de cañas → ❶ 1,2-1,4 m longitud sobre correas, separación 20-30 cm, colocadas con las puntas hacia arriba hasta lograr un grosor ≥ 28 cm (mejor aún de 35-40 cm). Durabilidad en regiones soleadas entre 60-70 años. En regiones húmedas apenas la mitad. **Cubiertas de chillas de madera** → ❷ de roble, haya, alerce, abeto, cedro y, excepcionalmente, pino.

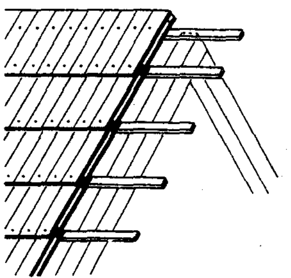
La duración de este tipo de cubiertas depende de la calidad de la madera y de su restitución, de la rudeza del clima y de la pendiente del tejado. Regla empírica: grado de inclinación = años de duración. Las chillas son aptas para cubrir tejados cualquiera que sea la forma.

Lajas de pizarra sobre un entablado de grosor ≥ 24 mm y anchura de las tablas ≥ 12 cm, protegida contra polvo y viento con cartón V 13. Revestimiento ≥ 8 cm, mejor 10 cm → ❸ - ❽ . El efecto más natural se logra con la cubrición tipo "alemán tradicional" → ❸.

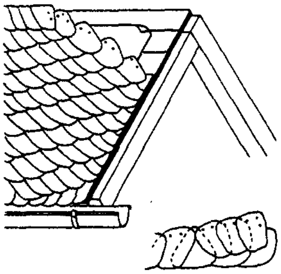
Existen tres grupos de cubrición para paredes y cubiertas. El primero es el "tipo exclusivo", el segundo engloba "alemán tradicional" e "irregular" y en el tercero figuran los "tipos decorativos". Aquí se incluyen muestras como las escamas, apuntadas, octogonales, etc. Tipos de cubrición más económicos: lajas de pizarra rectangulares y mixtas (rectangulares con lado curvo) obtenidas a partir de una muestra o molde. Estos tipos también pueden usarse para pizarra artificial.


20-30
≥ 45°,
normalmente 50°

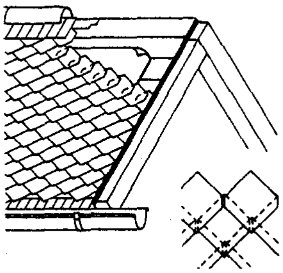
❶ Cubierta de paja o cañas, 0,7 kN/m²



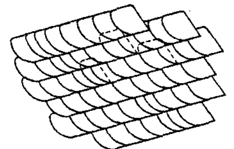
❷ Cubierta chillada, 0,25 kN/m²



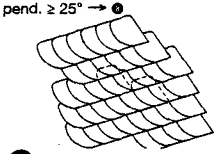
❸ Cubierta alemana de pizarra, 0,45-0,5 kN/m² → ❺ - ❽



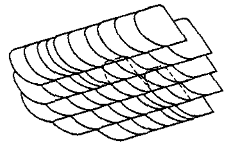
❹ Cubierta inglesa de pizarra (también con tejas de fibrocemento) 0,45-0,5 kN/m²



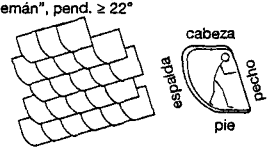
Cubrición tipo "tradicional alemán", pend. ≥ 25° → ❸



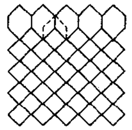
❺ ≥ 25° muestra escamas



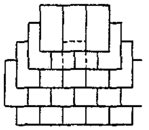
Cubrición doble tipo "tradicional alemán", pend. ≥ 22°


cabeza
espalda
pecho
pie

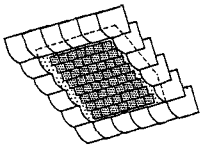
❻ ≥ 25° Cubrición tipo "mixto"



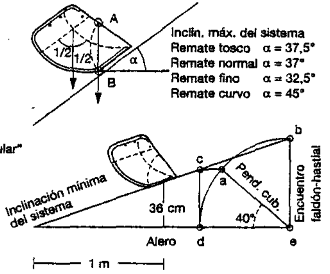
Cub. tipo "hexagonal" ≥ 30°



Cub. doble tipo "rectangular" ≥ 22°



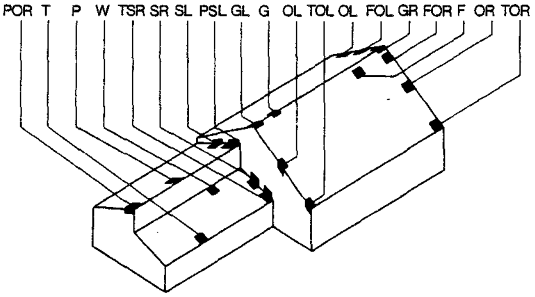
❼ Tipo "mixto" con placas solares


A
B
1/2
1/2
α
Inclin. máx. del sistema
Remate tosco α = 37,5°
Remate normal α = 37°
Remate fino α = 32,5°
Remate curvo α = 45°
Inclinación mínima del sistema
36 cm
Alero
d
e
c
a
b
Pend. cub.
40°
Encuentro faldón-hastial
1 m

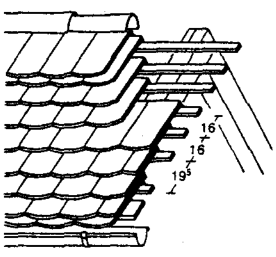
Pendiente de la cubierta a-e, trazar un círculo con radio arbitrario d-b, trazar la perpendicular en el punto d, trazar paralela al alero por punto a, c-b nos da la inclinación mínima del sistema.

❽ Inclinación mínima del sistema, p. ej., 40°

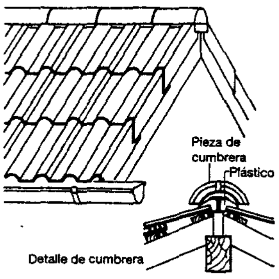
POR	Cubierta a una vertiente-testero, teja de remate derecho
T	Teja de alero
P	Teja de cubierta a una vertiente
W	Teja de encuentro con pared
TSR	Teja de encuentro del testero con la pared
SR	Teja de encuentro lateral derecho
SL	Teja de encuentro lateral izquierdo
PSL	Cubierta a una vertiente, teja de encuentro lateral izquierdo
GL	Teja de cumbrera extremo izquierdo
G	Teja de cumbrera y limatesa
OL	Teja de remate lateral izquierdo
TOL	Teja de alero de remate lateral izquierdo
FOL	Teja de encuentro cumbrera-testero izquierdo
GR	Teja de cumbrera y limatesa de extremo izquierdo
FOR	Teja de encuentro cumbrera-testero izquierdo
F	Teja de remate de la cumbrera
OR	Teja de remate derecho del testero
TOR	Teja de testero para remate lateral derecho
F	Teja tipo en el centro
GZ	Teja de vidrio


POR
T
P
W
TSR
SR
SL
PSL
GL
G
OL
TOL
OL
FOL
GR
FOR
F
OR
TOR

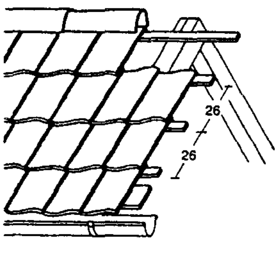
⓫ Tejas especiales



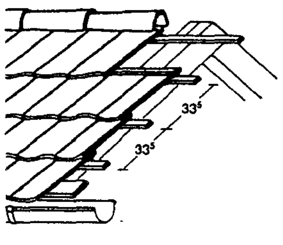
❾ Cubierta de tejas planas sin encajes, 0,6 kN/m², 34-44 tejas/m²


Pieza de cumbrera
Plástico
Detalle de cumbrera

❿ Cubierta de tejas de hormigón, 0,6-0,8 kN/m², pendiente 18°



⓬ Cubierta de teja flamenca, 0,5 kN/m²



⓭ Cubierta de teja plana con encajes, 0,55 kN/m²

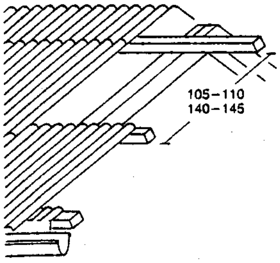
Recubrimientos de tejados (continuación)

Cubiertas de planchas onduladas de fibrocemento → ❶ - ❷ con una separación entre correas de 70-145 cm para las planchas de 1,6 m de longitud y de 1,15-1,175 m para las planchas de 2,5 m de longitud. Solape de 15-20 cm.

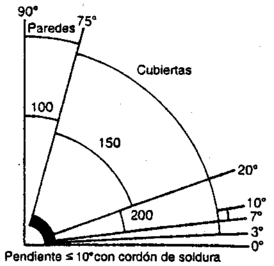
Cubiertas de chapa de cinc → ❺ - ❼, cinc de titanio, cobre, aluminio, acero galvanizado, etc., con todas las piezas especiales de cumbrera, alero y canalones, formatos tipo → ⓬. Entre los metales, el cobre tiene mayor resistencia a rotura por alargamiento, por lo que resulta apropiado para trabajos que requieran maleabilidad, ductibilidad y compresibilidad. Además, la típica pátina que este material adquiere con el tiempo es muy apreciada. Es preferible evitar el contacto del cobre con el aluminio, el cinc y el acero galvanizado, y nunca debe estar en contacto con el plomo y el acero inoxidable. Las cubiertas de cobre son impermeables al vapor de agua, de modo que son especialmente apropiadas para cubiertas frías → pág. 102.

Cubierta de teja plana DIN 456 sin encajes y piezas de hormigón DIN 1116	0,6
Cubierta de teja plana doble sin encajes	0,8
Cubierta de teja plana con encajes DIN 456	0,6
Cubierta de teja flamenca con encajes DIN 456	0,55
Cubierta de teja plana de hormigón DIN 1117	0,55
Cubierta de teja árabe DIN 456	0,5
Teja flamenca DIN 1118	0,5
Tejas flamencas de gran formato (hasta 10 piezas/m²)	0,5
Teja árabe sin mortero	0,9
Cubierta de plancha de aluminio de 0,7 mm de grosor	0,25
Cubierta de plancha de cobre de 0,6 mm de grosor con doble solape	0,3
Cubierta de plancha galvanizada de 0,63 mm de grosor, incluida la base de cartón	0,3
Cubierta alemana de pizarra, incluida la base de cartón	
en planchas grandes (360 mm × 280 mm)	0,5
en planchas pequeñas (aprox. 200 mm × 150 mm)	0,45
Cubierta inglesa de pizarra, incluidas las latas	
sobre latas con doble solape	0,45
sobre cartón	0,55
Cubierta tradicional alemana de pizarra,	
sobre cartón	0,5
sobre revestimiento doble	0,6
Cubierta de planchas de acero galvanizado según DIN 59231	
sobre latas	0,15
sobre cartón	0,3
Cubierta de plancha ondulada de acero galvanizado según DIN 59231, incluidos los anclajes necesarios	0,25
Cubierta de plancha de cinc nº 13	0,3

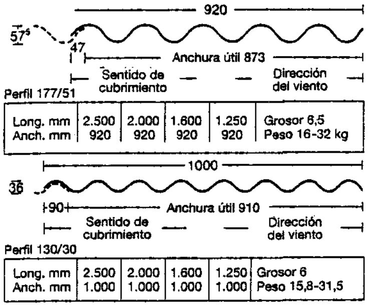
⓫ Pesos para 1 m² de cubierta inclinada (sin cabios, correas y cerchas, pero incluyendo largueros). En caso de colocar sobre mortero, debe añadirse 0,1 kN/m


105-110
140-145

❶ Cubierta de planchas onduladas de fibrocemento con piezas especiales de cumbrera y canalón 0,2 kN/m²


90°
Paredes
75°
Cubiertas
100
150
200
20°
10°
7°
3°
0°
Pendiente ≤ 10°con cordón de soldura

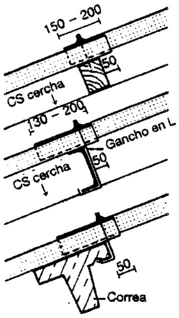
❷ Pendientes mínimas de las cubiertas → ❶


920
57⁵
47
Anchura útil 873
Sentido de cubrimiento
Dirección del viento
Perfil 177/51
1000
36
90
Anchura útil 910
Sentido de cubrimiento
Dirección del viento
Perfil 130/30

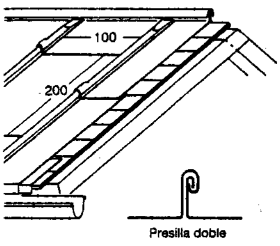
Long. mm Anch. mm	2.500 920	2.000 920	1.600 920	1.250 920	Grosor 6,5 Peso 16-32 kg

Long. mm Anch. mm	2.500 1.000	2.000 1.000	1.600 1.000	1.250 1.000	Grosor 6 Peso 15,8-31,5

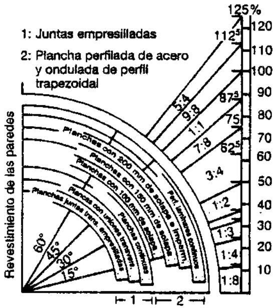
❸ Planchas onduladas de fibrocemento


150 - 200
50
CS cercha
130 - 200
Gancho en L
50
CS cercha
50
Correa

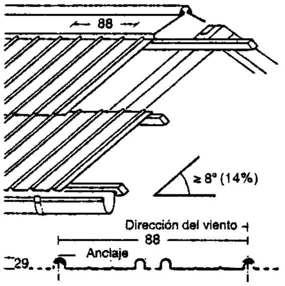
❹ Posibilidades de anclaje


100
200
Presilla doble

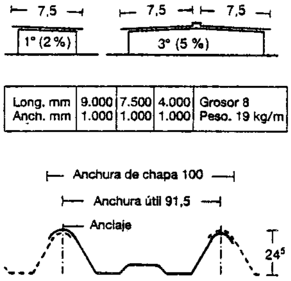
❺ Cubierta de plancha metálica con juntas empresilladas 0,25 kN/m²


1: Juntas empresilladas
2: Plancha perfilada de acero y ondulada de perfil trapezoidal
Revestimiento de las paredes
Planchas con 200 mm de solape
Planchas con 150 mm de solape
Planchas con 100 mm de solape
Planchas continuas
Perf. laminares continuos
Planchas con uniones transvers.
Planchas juntas trans. empresilladas
60°
45°
30°
15°
125%
112⁵
87⁵
75
62⁵
5:4
9:8
1:1
7:8
3:4
1:2
1:3
1:4
1:8
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
1
2

❻ Pendientes mínimas de cubiertas de planchas de acero galvanizado

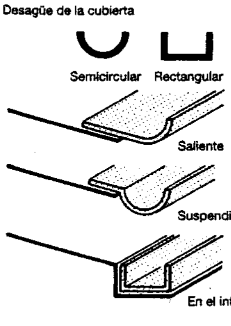

88
≥ 8° (14%)
Dirección del viento
88
Anclaje
29

❼ Cubierta de planchas metálicas 0,15 kN/m²


7,5
1° (2 %)
7,5
7,5
3° (5 %)
Anchura de chapa 100
Anchura útil 91,5
Anclaje
24⁵

Long. mm Anch. mm	9.000 1.000	7.500 1.000	4.000 1.000	Grosor 8 Peso. 19 kg/m

❽ Chapa perfilada de grandes nervios (canaleta)


Desagüe de la cubierta
Semicircular
Rectangular
Saliente
Suspendido
En el interior

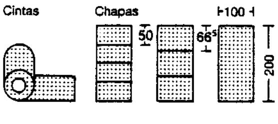
❾ Forma de colocación del canalón

Plancha cinc DIN 9721 mín. 0,7 mm	(Zn)
Canalón de acero galvanizado	(St 2)
Plancha de acero DIN 1541 galvanizado	(St 2)
Canalón de acero galvanizado	(St 2)
Plancha de cobre semirrígida DIN 1787	(Cu)
Canalón de cobre	(Cu)
Plancha de aluminio DIN 1725	(Al)
Canalón de acero galvanizado	(St 2)

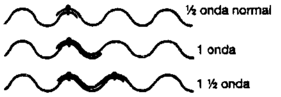
Descripción:
(Ejemplo: "Canalón semicircular suspendido 333 Zn 0,75 mm; con soportes para el canalón" 333 St Zn)

❿ Materiales

Formatos básicos	Cintas	Chapas
Longitud m	**30-40**	**2**
Anchura máx. en m	**0,6 (0,66)**	**1**
Grosor en mm	**0,1-2**	**0,2-2**
Peso kg/dm³	**8,93**	**8,93**


Cintas
Chapas
100
50
66⁵
200

⓬ Formatos comercializados de chapa de cobre para cintas y paneles


½ onda normal
1 onda
1 ½ onda

Altura cub. alero/cumb.	Altura ondas 18-25 mm	26-50 mm
hasta 6 m	10° (17,4 %)	5° (8,7 %)
6-10 m	13° (22,5 %)	8° (13,9 %)
10-15 m	15° (25,9 %)	10° (17,4 %)
más de 15 m	17° (29,2 %)	12° (20,8 %)

8-10°	200 mm con imperm. juntas
10-15°	150 mm sin imperm. juntas
más de 15°	100 mm sin imperm. juntas

⓭ Pendiente mínima de las cubiertas de chapa ondulada y solape lateral

Superficie de cubierta a desaguar en m²	Canalón semicircular en mm Ø	Anchura corte de canalones rectangulares en mm
hasta 25	70	200
entre 25-40	80	200 (10 partes)
entre 40-60	90	250 (8 partes)
entre 60-90	125	285 (7 partes)
entre 90-125	150	333 (6 partes)
entre 125-175	180	400 (5 partes)
entre 175-275	200	500 (4 partes)

Los canalones deben solaparse con los bajantes en los puntos de encuentro. Cuanto mayor sea la pendiente del canalón, menos peligro hay de corrosión, atascos y congelación. Los canalones rectangulares suelen ser de acero galvanizado de 20 a 50 mm de anchura y de 4 a 6 mm de grosor.

⓮ Sección del canalón según la superficie a desaguar

Superficie de cubierta a desaguar en m²	Canalón semicircular en mm Ø	Anchura corte de canalones rectangulares en mm
hasta 20	50	167 (12 partes)
entre 20-50	60	200 (10 partes)
entre 50-90	70	250 (8 partes)
entre 60-100	80	285 (7 partes)
entre 90-120	100	333 (6 partes)
entre 100-180	125	400 (5 partes)
entre 180-250	150	500 (4 partes)
entre 250-375	175	
entre 325-500	200	

Fijación mediante abrazaderas resistentes a la corrosión cuyo diámetro interior responda a la sección del bajante. Separación mínima entre el bajante y la pared: 20 mm. Separación entre abrazaderas: 2

⓯ Dimensiones de los bajantes según la superficie a desaguar

CUBIERTAS

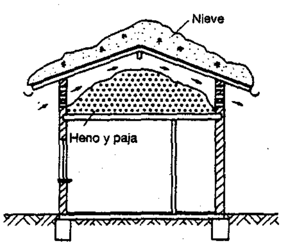
CUBIERTAS INCLINADAS

Desvanes habitables

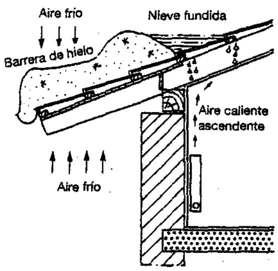
Antiguamente los desvanes servían como "graneros" ventilados para guardar la cosecha. Los espacios habitados de la planta inferior quedaban protegidos del frío por la masa térmica que generaba el material almacenado → ❶. En la actualidad, estos espacios se suelen habilitar como desvanes para aprovechar mejor el espacio construido. La construcción de la cubierta debe cumplir con algunos requisitos físicos:

Tipos de construcción

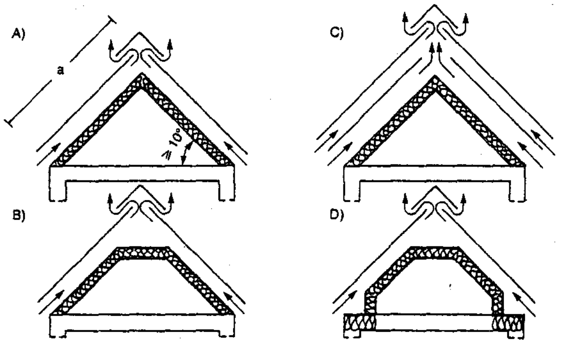
Las cubiertas con aislamiento térmico deben diferenciarse en dos tipos: **ventiladas** y **no ventiladas**: en ambos casos debe haber una cámara de aire entre la cubrición y la lámina de impermeabilización. En las ventiladas debe considerarse además una cámara de aire adicional entre la lámina de impermeabilización y el aislante térmico, para lograr la evacuación del vapor por condensación.
Además de lo ya mencionado, **estas cubiertas ventiladas requieren una mayor altura de cabios para conseguir una circulación de aire más eficaz y una barrera de vapor más efectiva.**
Por ello, en muchos casos, hoy **se prefieren**, las **cubiertas no ventiladas.**


Nieve
Heno y paja

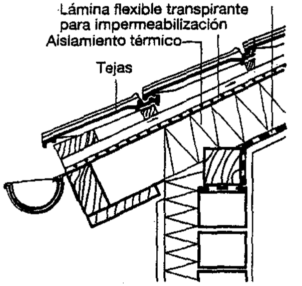
❶ Sección de una casa de montaña con granero


Aire frío
Nieve fundida
Barrera de hielo
Aire caliente ascendente
Aire frío

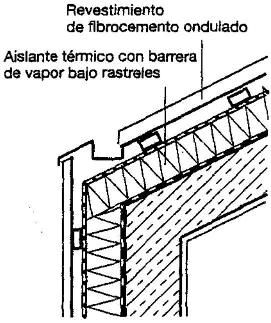
❷ Esquema de cómo se funde la nieve sobre las cubiertas



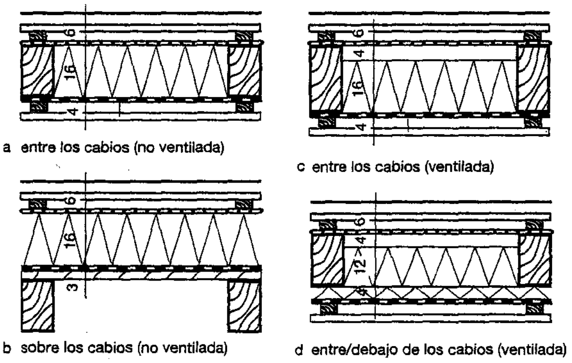
❸ Ejemplos esquemáticos de cubiertas ventiladas


Barrera de vapor
Lámina flexible transpirante para impermeabilización
Aislamiento térmico
Tejas

❹ Cubierta caliente habitual

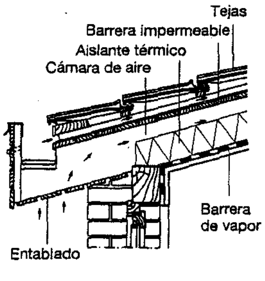

Revestimiento de fibrocemento ondulado
Aislante térmico con barrera de vapor bajo rastreles

❺ Cubierta caliente de hormigón

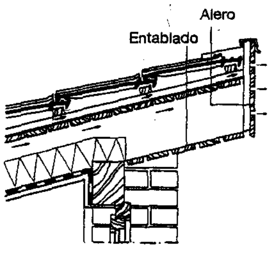


a entre los cabios (no ventilada)
c entre los cabios (ventilada)
b sobre los cabios (no ventilada)
d entre/debajo de los cabios (ventilada)

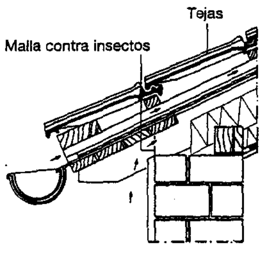
❿ Ubicación del aislamiento térmico en cubiertas inclinadas


Tejas
Barrera impermeable
Aislante térmico
Cámara de aire
Barrera de vapor
Entablado

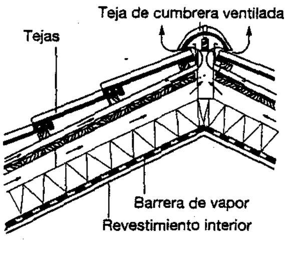
❻ Cubierta fría: alero con rejilla de ventilación


Alero
Entablado

❼ Cubierta fría (a un agua). Caballete (cumbrera), cornisa con ranuras de ventilación


Tejas
Malla contra insectos

❽ Cubierta fría: alero con cabios a la vista

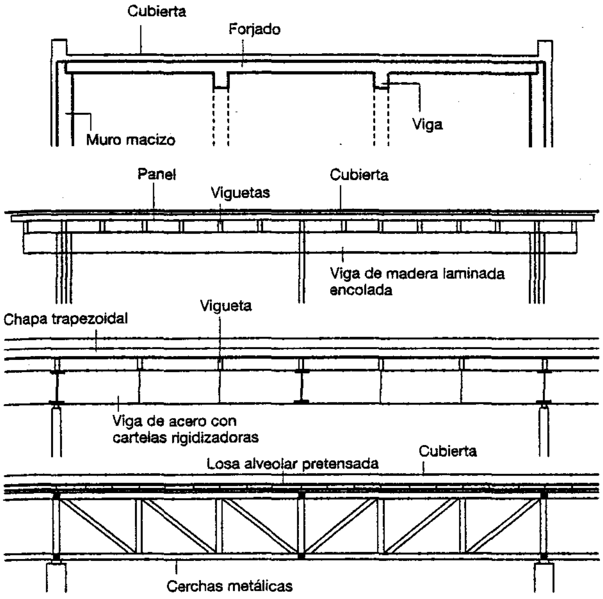

Teja de cumbrera ventilada
Tejas
Barrera de vapor
Revestimiento interior

❾ Cumbrera en una cubierta fría

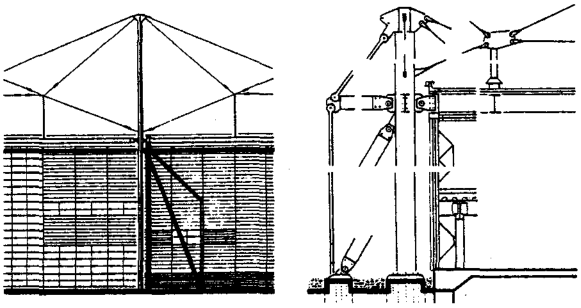
Construcción tipo

Cubrición, rastrelado → págs. 100-101

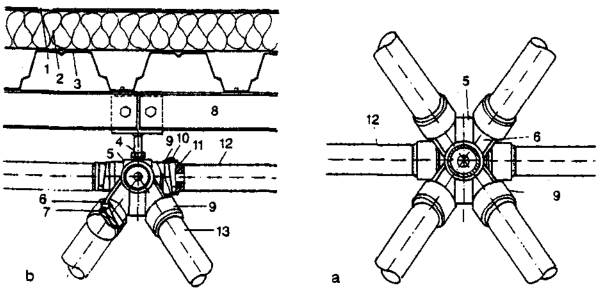
La **lámina de impermeabilización** está compuesta por una membrana plástica difusora o una lámina entramada de plástico que sirve para evacuar la condensación o el desbordamiento de nieve.
La **barrera impermeable** está compuesta de tableros de madera machihembrados con impermeabilización (p. ej., lámina bituminosa). En caso de solicitación intensiva, se debe preferir este tipo en lugar de una lámina flexible.
La **cámara de aire** en las cubiertas ventiladas sirve de capa de ventilación adicional (p. ej., para evacuar la condensación). Las secciones necesarias dependerán de la inclinación de la cubierta, según norma DIN 4108.
El **aislamiento térmico** se monta sobre la cubierta, generalmente en forma de mantas de lana de roca entre y debajo de los cabios o como elemento aislante prefabricado, en algunas partes con machihembrado, barrera de vapor y estructura de cubierta prefabricada → ❿.
La **barrera de vapor** se sitúa debajo del aislamiento térmico para evitar la condensación en el interior de la cubierta. Durante el montaje **debe evitarse cualquier intercambio de aire entre el interior y la cubierta.** Las perforaciones, las juntas y las uniones de elementos deben asegurarse cuidadosamente.
El **revestimiento interior**, por lo general de placas de yeso laminado, se coloca sobre un rastrelado (¡atención a las posibles fisuras!).



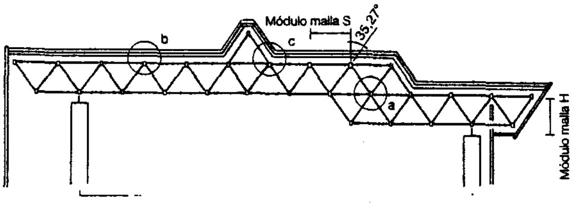
❶ Estructuras de cubiertas planas (selección): losas, vigas y cerchas metálicas



❷ Construcción atirantada: fábrica Fleetguard, Quimper Arqs.: Rogers & Partner



❸ Nudo normal superior y nudo intermedio universal para estructuras espaciales (nudo KEBA)



1 Impermeabilización
2 Aislamiento
3 Plancha de acero de perfil trapezoidal
4 Separador
5 Elemento central
6 Brida cónica
7 Cuña
8 Correa, vigueta
9 Arandela
10 Pasador
11 Quijada cónica
12 Barra horiz.
13 Barra diagonal

❹ Estructura espacial con uniones de nudo KEBA (ejemplo), detalles → ❸

CUBIERTAS

CUBIERTAS PLANAS

Se consideran cubiertas planas aquellas con una pendiente de hasta el 5 %. Las cubiertas planas **sin pendiente** pueden entrar como un caso especial de este grupo solo en casos excepcionales. Por lo general, las cubiertas planas deben tener una **pendiente mínima del 2 %**. Debido a las inevitables tolerancias de nivel y posibles levantamientos o dobleces en la construcción, es recomendable **ejecutar las cubiertas planas con un 5 % (3°).**

Estructuras

Existe una gran variedad de tipos de estructuras para construir cubiertas planas.
Básicamente puede distinguirse entre estructuras **planas** y **lineales**:
Las **estructuras planas** están tensadas en uno o dos ejes y tienen elementos planos con apoyos puntuales, lineales o que cargan en perpendicular a su eje (p. ej., losas, entramados, estructuras espaciales).
Las **estructuras lineales** se componen de estructuras dispuestas en paralelo (p. ej., muros de carga, entramado de vigas y vigas invertidas) y elementos intermedios en la dirección de la viga (p. ej., viguetas) para distribuir las cargas de la cubierta.
Además de por los materiales, ambos tipos de estructuras se diferencian por los diferentes grados de disolución de sus partes:

Losas → ❶

Las cubiertas planas se construyen por lo general con losas planas macizas de hormigón armado. Son resistentes al fuego y a la humedad, y con muros macizos componen una estructura estable. Sus desventajas son el gran peso propio, la construcción húmeda y el bajo aislamiento térmico y acústico. Los movimientos provocados por dilataciones debidas a calor, fluencia y contracción deben tratarse con capas adicionales de aislante, y con los apoyos y las juntas correspondientes.

Vigas → ❶ - ❷

Las vigas y las cerchas forman parte de las estructuras lineales. Para los elementos estructurales se utilizan materiales como la madera, el acero y/o elementos prefabricados de hormigón armado con elementos intermedios de diversos materiales. Para luces mayores se utilizan vigas compuestas por escuadrías de madera o barras de acero, vigas de madera laminada, vigas cajón de madera contrachapada y laminada, vigas de alma llena construidas especialmente con chapas altas arriostradas para evitar el abollamiento y vigas de celosía y alveolares. Los tirantes invertidos o vientos sirven para aminorar la sección de los perfiles y poder así construir estructuras más ligeras y esbeltas.

Entramados de vigas → ❶ - ❷

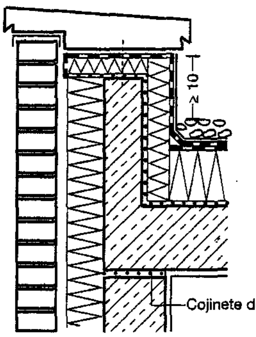
Los entramados de vigas son estructuras compuestas de vigas de grandes luces, en las que cada viga se cruza en un punto con otra viga. Por lo general, se fabrican de elementos prefabricados (p. ej., de vigas de madera laminada con nudos de uniones metálicas o vigas entramadas de acero) y son especialmente aptas para salvar los vanos de naves industriales.
En el caso de que existan exigencias contra el fuego, deben tomarse medidas adicionales para proteger las estructuras.

Estructuras espaciales → ❸ - ❹

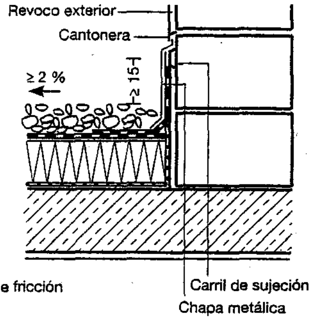
Las estructuras espaciales son un desarrollo de los entramados de vigas. En este caso, las barras de acero se unen con ayuda de nudos esféricos como arriostramiento, de modo que forman un entramado espacial que no necesita estabilización adicional.

DIN 18531

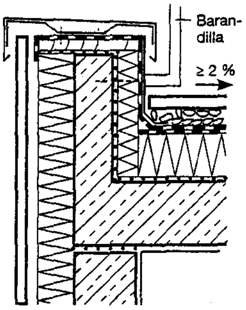
Normativa para cubiertas planas de la asociación alemana de techadores
véase también: Física de la construcción, pág. 480


≥ 10
Cojinete de fricción

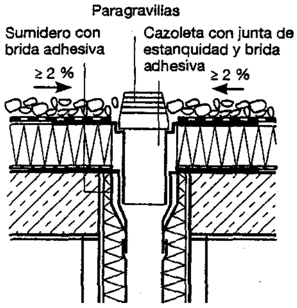
① Remate perimetral de cubierta plana


Revoco exterior
Cantonera
≥ 2 %
≥ 15
Carril de sujeción
Chapa metálica

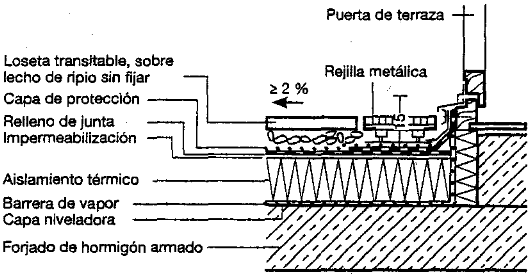
② Encuentro con muro


Barandilla
≥ 2 %

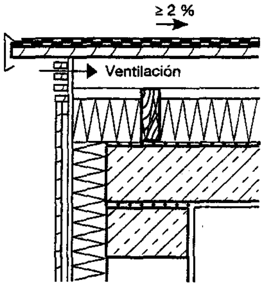
③ Detalle del borde de la cubierta (terraza)


Paragravillas
Sumidero con brida adhesiva
Cazoleta con junta de estanquidad y brida adhesiva
≥ 2 %
≥ 2 %

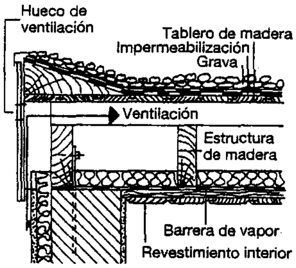
④ Detalle del sumidero con empalme sellado


Puerta de terraza
Loseta transitable, sobre lecho de ripio sin fijar
Capa de protección
Relleno de junta
Impermeabilización
Aislamiento térmico
Barrera de vapor
Capa niveladora
Forjado de hormigón armado
Rejilla metálica
≥ 2 %
≥ 2 %

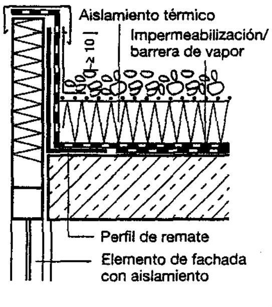
⑤ Encuentro de terraza con rejilla metálica


≥ 2 %
Ventilación

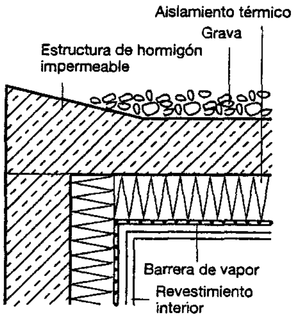
⑥ Cubierta fría sobre losa de hormigón armado


Hueco de ventilación
Tablero de madera
Impermeabilización
Grava
Ventilación
Estructura de madera
Barrera de vapor
Revestimiento interior

⑦ Cubierta fría con estructura de madera


Aislamiento térmico
≥ 10
Impermeabilización/ barrera de vapor
Perfil de remate
Elemento de fachada con aislamiento

⑧ Cubierta plana invertida


Aislamiento térmico
Grava
Estructura de hormigón impermeable
Barrera de vapor
Revestimiento interior

⑨ Cubierta de hormigón impermeable con aislamiento interior

CUBIERTAS

CUBIERTAS PLANAS

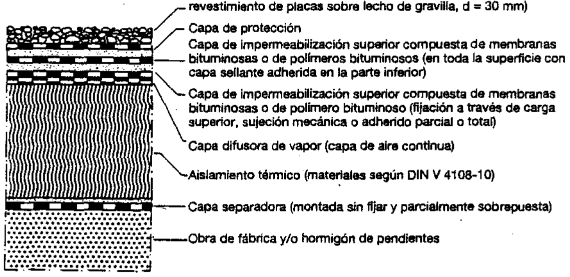
Tipos

Por razones constructivas, las cubiertas planas se diferencian en dos tipos:

Cubiertas no ventiladas de una capa (cubiertas calientes), en las que estructura, barrera de vapor, aislamiento térmico, impermeabilización y capas intermedias forman un elemento compuesto. Pueden ser construidas según el tipo común → ⑩, como sistema de **cubierta plana invertida** → ⑧ (la impermeabilización y la barrera de vapor se colocan como una capa sobre la estructura; el aislamiento, de baja porosidad, se coloca sin fijar sobre la capa y se asegura mediante una capa de grava), como combinación de ambos tipos de cubierta (p. ej., **cubierta mixta Plusdach** o **Duodach**), o con aislamiento interior → ⑨.

Cubiertas ventiladas de dos capas (cubiertas frías), en las que se instala una cámara de ventilación → ⑥ - ⑦ entre la impermeabilización de la cubierta (con su entarimado) y el aislamiento térmico. La ventaja de estas cubiertas (evacuación de la condensación) será efectiva solo cuando pueda asegurarse una perfecta ventilación y una barrera de vapor por el interior, colocada adecuadamente.

¡De no ser así, la impermeabilización funciona como una barrera de vapor mal colocada y podría provocar humedades en la cubierta!


Protección de la superficie (grava lavada 15/32, d = 50 mm o revestimiento de placas sobre lecho de gravilla, d = 30 mm)
Capa de protección
Capa de impermeabilización superior compuesta de membranas bituminosas o de polímeros bituminosos (en toda la superficie con capa sellante adherida en la parte inferior)
Capa de impermeabilización superior compuesta de membranas bituminosas o de polímero bituminoso (fijación a través de carga superior, sujeción mecánica o adherido parcial o total)
Capa difusora de vapor (capa de aire continua)
Aislamiento térmico (materiales según DIN V 4108-10)
Capa separadora (montada sin fijar y parcialmente sobrepuesta)
Obra de fábrica y/o hormigón de pendientes

⑩ Montaje tipo de una cubierta cálida con protección de superficie pesada e impermeabilización de diversas capas según DIN 18531-3:11-2005

Construcción tipo (cubierta caliente) → ⑩

Protección superficial pesada (grava lavada 15/32, d = 50 mm o revestimiento de losetas sobre lecho de gravilla, d = 30 mm), ajardinamiento extenso, o protección ligera (lámina impermeabilizante autoprotegida) para evitar la formación de burbujas, cambios bruscos de temperatura, solicitaciones mecánicas de la superficie y daños por radiación ultravioleta.

Capa de protección (p. ej., láminas protectoras de PVC, vellones sintéticos, mantas de granulado de goma, protección antirraíces).

Membrana impermeabilizante multicapa compuesta de **láminas impermeabilizantes bituminosas o de polímeros bituminosos** (adheridas en toda su superficie) o monocapa con láminas impermeabilizantes de PVC o elastómeros. La impermeabilización se fija en su posición mediante la aplicación de carga superior, sujeción mecánica o adhesión parcial o total.

Capa difusora de vapor. Cartón ondulado o lámina bituminosa perforada contra la formación de burbujas y abombamientos, debidos a la evaporación de la humedad todavía contenida en los elementos constructivos inferiores.

Aislamiento térmico con placas de aislante (corcho, espumas extruidas duras, fibras minerales o vidrio celular) colocados a tope o con borde mecanizado a media madera. Elección y dimensionado según DIN V 4108-10).

Capa separadora o de disociación, en la mayoría de los casos montada sin fijar.

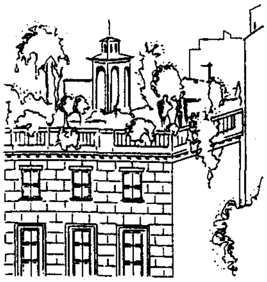
Estructura portante de hormigón en pendiente → pág. 103, por motivos de dilataciones térmicas con apoyos deslizantes (junta deslizante sobre los muros estructurales y separación de muros interiores y forjado. Antes deben adherirse al forjado cintas de porexpán).

Cubiertas ajardinadas

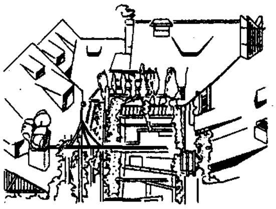
En Babilonia ya se ajardinaban terrazas seis siglos a. de C. En Berlín, hacia 1890, las cubiertas de algunas casas de campo se recubrieron con una capa de humus, sobre la que crecían plantas, para protegerlas de posibles incendios. En el siglo xx fue Le Corbusier quien redescubrió las cubiertas ajardinadas. En el siglo xx, el movimiento moderno reivindicó las cubiertas planas, lo que conllevó el redescubrimiento de las cubiertas ajardinadas.

Características de las cubiertas ajardinadas:

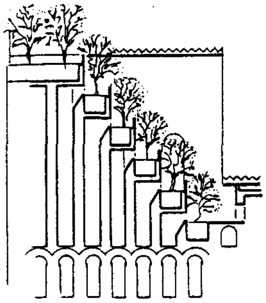
1. Aislamiento térmico a través de la cámara de aire existente entre el césped y a través de la capa de tierra con raíces (acumulación de calor).
2. Aislamiento acústico y acumulación térmica.
3. Mejora de la composición del aire en los barrios residenciales.
4. Mejoras en el microclima.
5. Se mejora la escorrentía de las ciudades y el contenido en agua del paisaje.
6. Ventajas fisicoconstructivas. Se reducen las radiaciones ultravioletas y las grandes oscilaciones de temperatura gracias a la capa protectora de césped y de tierra.
7. Sedimentación de polvo.
8. Elemento de configuración formal y mejora de las condiciones de vida.
9. Recuperación de superficies verdes.



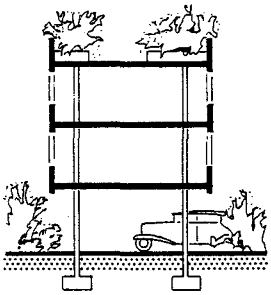
① Cubiertas ajardinadas en edificios de viviendas de alquiler: "característica emblemática de una nueva arquitectura"



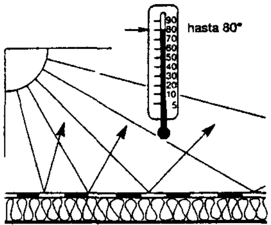
② Cubierta ajardinada mediante macetas en balcones y terrazas



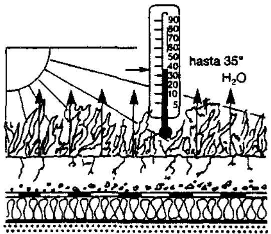
③ Jardines colgantes de Semiramis en Babilonia (siglo vi a. de C.)



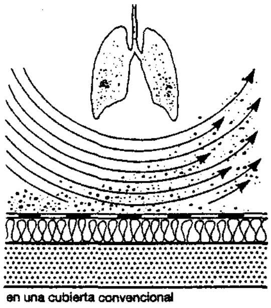
④ La pérdida de superficie verde puede compensarse ajardinando las cubiertas


hasta 80°
90
80
70
60
50
40
30
20
10
5
en una cubierta convencional

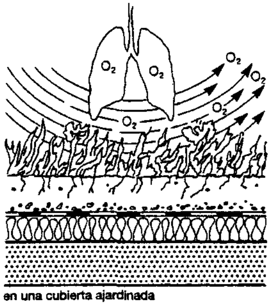
⑤ Aire urbano seco y sobrecalentado → ⑥


hasta 35°
H_2O
90
80
70
60
50
40
30
20
10
5
en una cubierta ajardinada

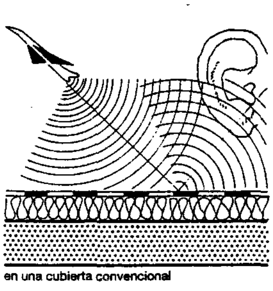
⑥ Aire más fresco y húmedo debido al consumo energético de las plantas


en una cubierta convencional

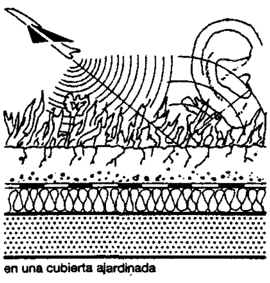
⑦ Producción de polvo y remolinos de aire → ⑧


O_2
O_2
O_2
O_2
O_2
O_2
en una cubierta ajardinada

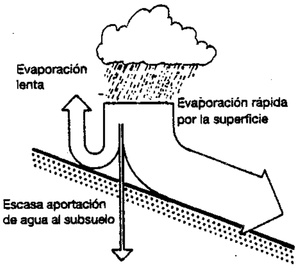
⑧ Mejora del aire urbano por filtrado y fijación de las plantas y por la producción de oxígeno


en una cubierta convencional

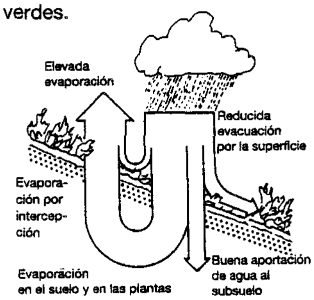
⑨ Reflexión acústica en "superficies duras" → ⑩


en una cubierta ajardinada

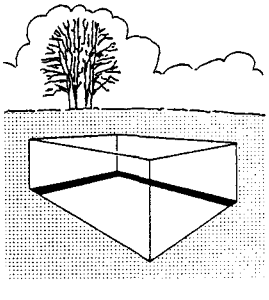
⑩ Absorción acústica en una capa vegetal blanda


Evaporación lenta
Evaporación rápida por la superficie
Escasa aportación de agua al subsuelo

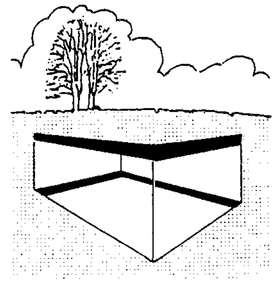
⑪ Distribución del agua de lluvia en superficies compactas → ⑫


Elevada evaporación
Reducida evacuación por la superficie
Evaporación por intercepción
Evaporación en el suelo y en las plantas
Buena aportación de agua al subsuelo

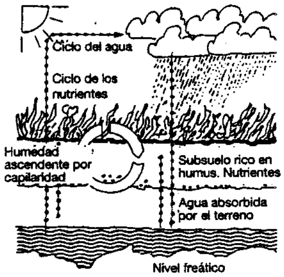
⑫ Distribución del agua de lluvia en superficies sin urbanizar



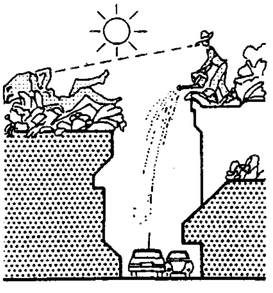
⑬ Con la construcción de un edificio se pierde una parte de paisaje natural → ⑭



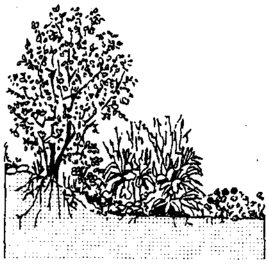
⑭ Buena parte de la superficie verde perdida podría recuperarse ajardinando la cubierta


Ciclo del agua
Ciclo de los nutrientes
Humedad ascendente por capilaridad
Subsuelo rico en humus. Nutrientes
Agua absorbida por el terreno
Nivel freático

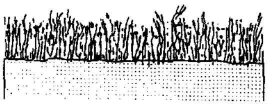
⑮ Ciclo natural del agua y de los nutrientes



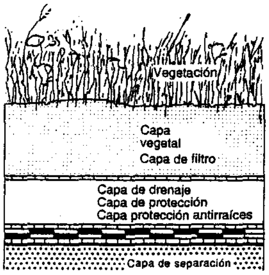
⑯ Valor físico y psíquico de las superficies verdes (que aumentan la sensación de bienestar)



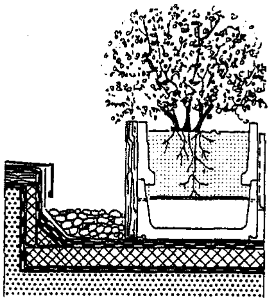
① Ajardinamiento intensivo



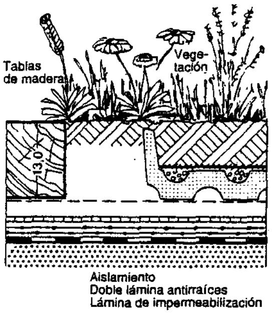
② Ajardinamiento extensivo


Vegetación
Capa vegetal
Capa de filtro
Capa de drenaje
Capa de protección
Capa protección antirraíces
Capa de separación

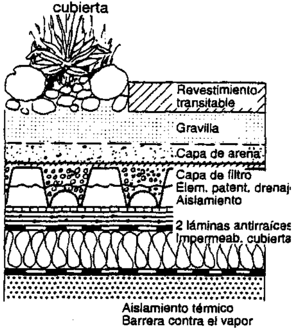
③ Capas que conforman una cubierta ajardinada



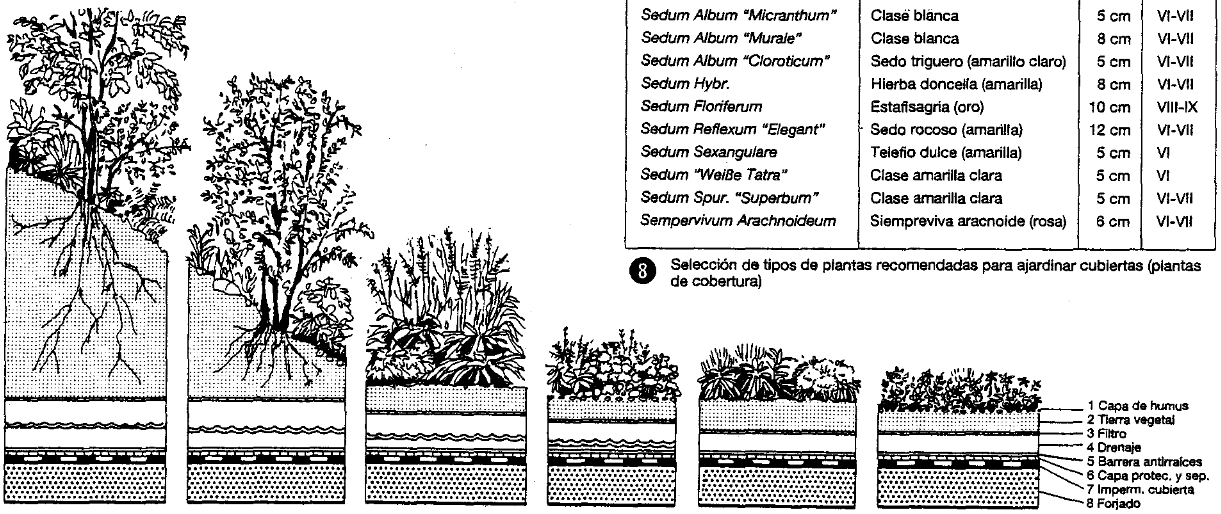
④ Contenedor de plantas para ajardinar el perímetro de la cubierta


Tablas de madera
Vegetación
13,0
Aislamiento
Doble lámina antirraíces
Lámina de impermeabilización

⑤ Sistema Zinco Floraterra para ajardinar cubiertas


Revestimiento transitable
Gravilla
Capa de arena
Capa de filtro
Elem. patent. drenaj
Aislamiento
2 láminas antirraíces
Impermeab. cubierta
Aislamiento térmico
Barrera contra el vapor

⑥ Sistema Zinco Floradrain para ajardinar cubiertas


1 Capa de humus
2 Tierra vegetal
3 Filtro
4 Drenaje
5 Barrera antirraíces
6 Capa protec. y sep.
7 Imperm. cubierta
8 Forjado

Altura máxima de la vegetación > 250 cm	hasta 250 cm	5-25 cm	5-20 cm	5-20 cm	5-10 cm
Grosor mínimo de la capa de tierra: 35 cm	19-35 cm	14 cm	12 cm	12 cm	10 cm
Sobrecarga 3,7 kN/m²	1,9-3,7 kN/m²	1,4 kN/m²	1,1 kN/m²	1,15 kN/m²	0,9 kN/m²
Provisión agua 170 l/m²	80-170 l/m²	60 l/m²	45 l/m²	40 l/m²	30 l/m²
Capa de humus – cm	– cm	– cm	1 cm	– cm	1 cm
Tierra vegetal 23 cm	7-23 cm	5 cm	4 cm	7 cm	4 cm
Capa de drenaje 12 cm	12 cm	9 cm	7 cm	5 cm	5 cm
Riego autom. o manual	manual o automático	manual o automático	manual	manual	manual

⑦ Diferentes tipos de ajardinamiento

Pendiente de las cubiertas
Las cubiertas a dos aguas no deben tener una pendiente superior a 25°. Las cubiertas planas deben tener una inclinación mínima del 2-3 %.

Tipos de cubiertas ajardinadas
Ajardinamiento intensivo: la cubierta se convierte en un jardín habitable con elementos como pérgolas y cenadores. Es necesario un cuidado y un mantenimiento constantes. Vegetación: césped, arbustos, árboles.

Ajardinamiento extensivo: se realiza sobre una cobertura mínima de tierra y apenas requiere mantenimiento. Vegetación: musgos, césped, hierbas, pequeñas plantas.

Vegetación móvil: plantas en macetas y otros recipientes para ajardinar terrazas, antepechos y balcones.

Riego

Riego natural con agua de lluvia. El agua se almacena en la capa de drenaje y en la capa vegetal.

Riego por inundación: el agua de lluvia se almacena en la capa de drenaje y, en caso de que el agua de lluvia no sea suficiente, esta capa se rellena mecánicamente.

Riego gota a gota: mangueras con perforaciones colocadas en la capa vegetal o en la de drenaje.

Riego por aspersión: instalación por encima de la capa vegetal.

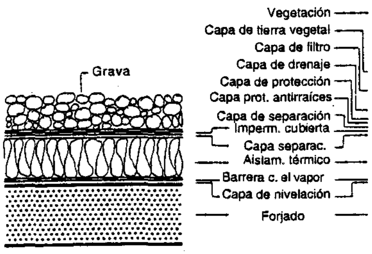
Abono
El material de abono puede esparcirse sobre la capa vegetal o disolverse en el agua de riego.

Nombre botánico	Nombre castellano (color de la flor)	Altura	Floración
Saxifrage Aizoon	Saxífraga (blanca-rosa)	5 cm	VI
Sedum Acre	Telefio amargo (amarilla)	8 cm	VI-VII
Sedum Album	Uva de gato (blanca)	8 cm	VI-VII
Sedum Album "Coral Capet"	Clase blanca	5 cm	VI
Sedum Album "Laconicum"	Clase blanca	10 cm	VI
Sedum Album "Micranthum"	Clase blanca	5 cm	VI-VII
Sedum Album "Murale"	Clase blanca	8 cm	VI-VII
Sedum Album "Cloroticum"	Sedo triguero (amarillo claro)	5 cm	VI-VII
Sedum Hybr.	Hierba doncella (amarilla)	8 cm	VI-VII
Sedum Floriferum	Estafisagria (oro)	10 cm	VIII-IX
Sedum Reflexum "Elegant"	Sedo rocoso (amarilla)	12 cm	VI-VII
Sedum Sexangulare	Telefio dulce (amarilla)	5 cm	VI
Sedum "Weiße Tatra"	Clase amarilla clara	5 cm	VI
Sedum Spur. "Superbum"	Clase amarilla clara	5 cm	VI-VII
Sempervivum Arachnoideum	Siempreviva aracnoide (rosa)	6 cm	VI-VII

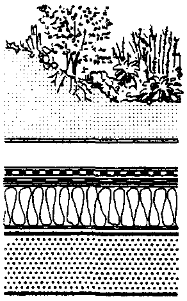
⑧ Selección de tipos de plantas recomendadas para ajardinar cubiertas (plantas de cobertura)

Construcción

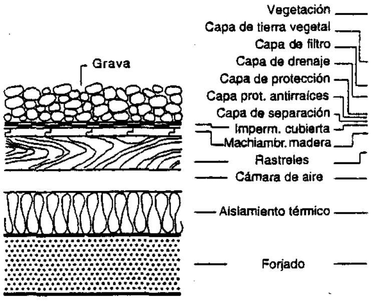
Capa de tierra vegetal. Se emplea arcilla expandida. Ofrece: estabilidad estructural, ventilación de la tierra y mantenimiento de la humedad; permite además modelar el suelo. Función: conservar los nutrientes, reacción del suelo (valor pH), ventilación y mantenimiento de la humedad.
Capa de filtro: evita la acumulación de barro en la capa de drenaje.
Capa de drenaje: evita un riego excesivo de las plantas. Material: planchas de espuma rígida, planchas sintéticas.
Capa de protección: protege durante la fase de construcción y contra cargas puntuales.
Capa de protección contra las raíces: las láminas de PVC/ECB y EPDM frenan el crecimiento de las raíces.
Capa de separación: separa la estructura portante del ajardinamiento de la cubierta.
Los ejemplos → ① - ⑧ muestran la construcción usual de cubiertas planas y de cubiertas planas ajardinadas. Antes de proceder al ajardinamiento se debe verificar la correcta ejecución de la cubierta y comprobar cada una de las capas. Asegurarse también de que los materiales empleados se ajustan a las características técnicas exigidas. También pueden ajardinarse las cubiertas a dos aguas. Ajardinar una cubierta inclinada → ⑨ - ⑫, supone realizar una construcción bastante complicada (peligro de deslizamiento, desecación, etc.).


Grava
Vegetación
Capa de tierra vegetal
Capa de filtro
Capa de drenaje
Capa de protección
Capa prot. antirraíces
Capa de separación
Imperm. cubierta
Capa separac.
Aislam. térmico
Barrera c. el vapor
Capa de nivelación
Forjado

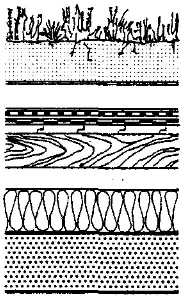
① Cubierta caliente → ②



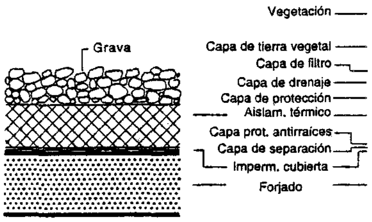
② Cubierta caliente ajardinada


Grava
Vegetación
Capa de tierra vegetal
Capa de filtro
Capa de drenaje
Capa de protección
Capa prot. antirraíces
Capa de separación
Imperm. cubierta
Machiambr. madera
Rastreles
Cámara de aire
Aislamiento térmico
Forjado

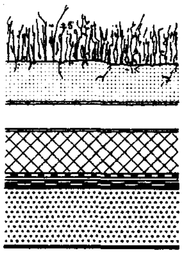
③ Cubierta fría → ④



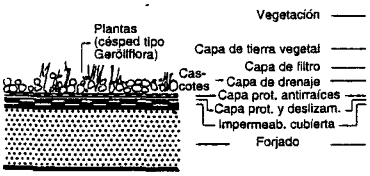
④ Cubierta fría ajardinada


Grava
Vegetación
Capa de tierra vegetal
Capa de filtro
Capa de drenaje
Capa de protección
Aislam. térmico
Capa prot. antirraíces
Capa de separación
Imperm. cubierta
Forjado

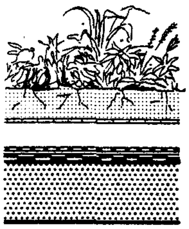
⑤ Cubierta invertida → ⑥



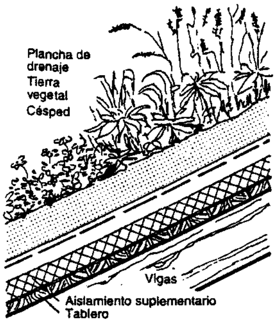
⑥ Cubierta ajardinada con cámara ventilada


Plantas (césped tipo Geröllflora)
Cascotes
Vegetación
Capa de tierra vegetal
Capa de filtro
Capa de drenaje
Capa prot. antirraíces
Capa prot. y deslizam.
Impermeab. cubierta
Forjado

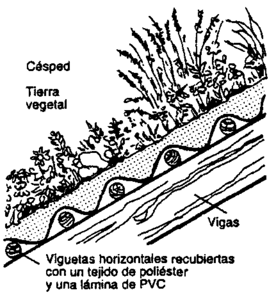
⑦ Ajardinamiento mínimo de una cubierta a posteriori



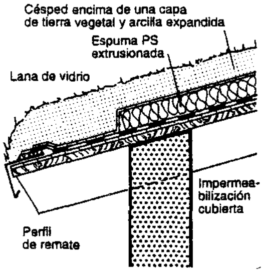
⑧ Ajardinamiento de una cubierta a posteriori (si es posible constructiva y estructuralmente)


Plancha de drenaje
Tierra vegetal
Césped
Vigas
Aislamiento suplementario
Tablero

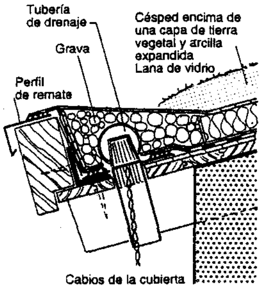
⑨ Ajardinamiento de una cubierta inclinada


Césped
Tierra vegetal
Vigas
Viguetas horizontales recubiertas con un tejido de poliéster y una lámina de PVC

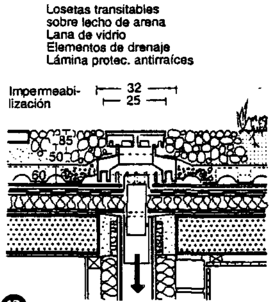
⑩ Ajardinamiento de una cubierta muy inclinada


Césped encima de una capa de tierra vegetal y arcilla expandida
Espuma PS extrusionada
Lana de vidrio
Impermea-bilización cubierta
Perfil de remate

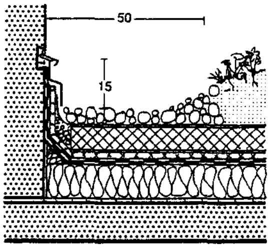
⑪ Detalle del alero de una cubierta inclinada ajardinada


Tubería de drenaje
Grava
Césped encima de una capa de tierra vegetal y arcilla expandida
Lana de vidrio
Perfil de remate
Cabios de la cubierta

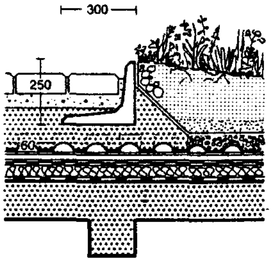
⑫ Sumidero → ⑪


Losetas transitables sobre lecho de arena
Lana de vidrio
Elementos de drenaje
Lámina protec. antirraíces
Impermeabi-lización
32
25
85
50
60

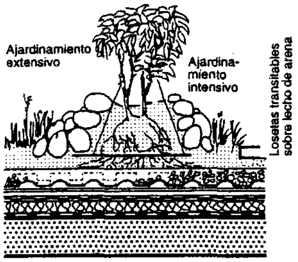
⑬ Sumidero



⑭ Encuentro con paramento vertical

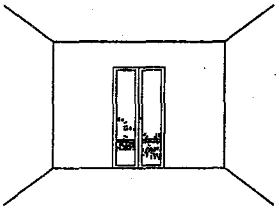


⑮ Junta entre calle abierta al tránsito rodado y cubierta ajardinada

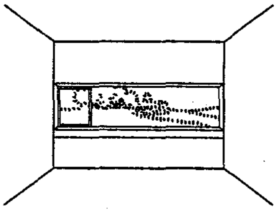

Ajardinamiento extensivo
Ajardina-miento intensivo
Losetas transitables sobre lecho de arena

⑯ Junta entre calle peatonal y cubierta ajardinada

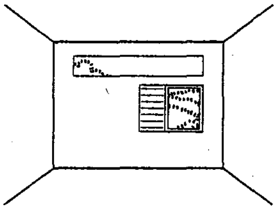
DISPOSICIÓN DE VENTANAS Y ESPACIOS INTERIORES



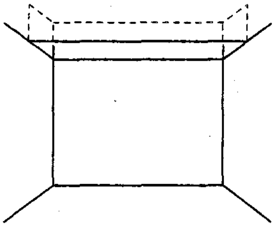
① Ventanal vertical, calefacción por suelo radiante o por radiadores ubicados en los laterales



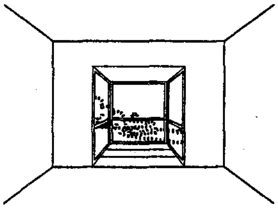
② Ventana horizontal con una hoja batiente, antepecho cerrado para radiador o canaleta de instalaciones



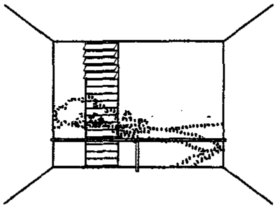
③ Composición de ventanas: la ventana superior da profundidad a la habitación, una pequeña de ventilación y otra pequeña para vistas



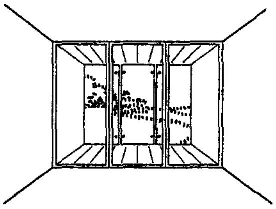
④ Lucernario para luz rasante sobre el muro



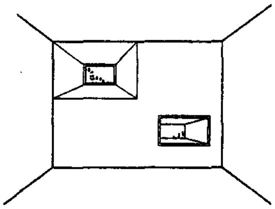
⑤ Ventana tipo mirador



⑥ Ventana fija de suelo a techo, con barandilla como antepecho y lamas de ventilación con capialzado para aislamiento acústico

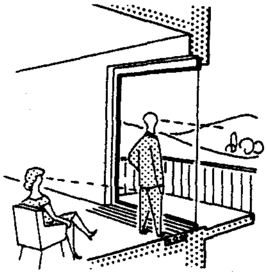


⑦ Galería con espacio intermedio (fachada como segunda piel, efecto invernadero)

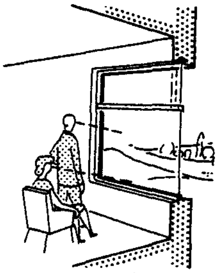


⑧ Muro con ventanas enrasadas por la cara exterior e interior del muro

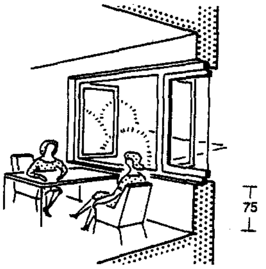
DISPOSICIÓN EN ALTURA



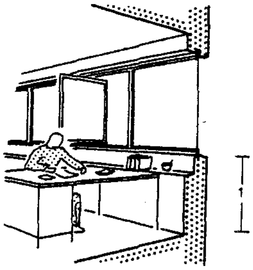
⑨ En balcones con buenas vistas



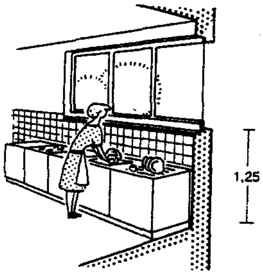
⑩ En habitaciones con vistas



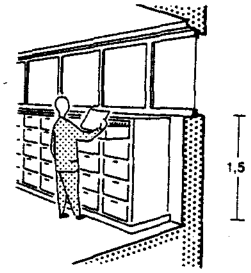
⑪ Altura normal (altura de una mesa)



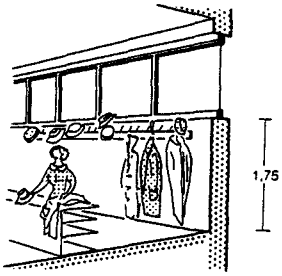
⑫ En oficinas



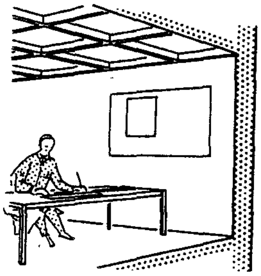
⑬ En cocinas



⑭ En oficinas con archivos bajo ventanas

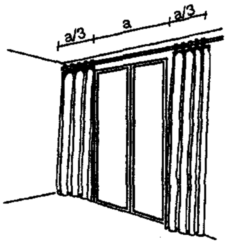


⑮ En guardarropas

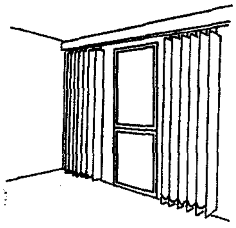


⑯ Lucernarios (p. ej., en salas de dibujo)

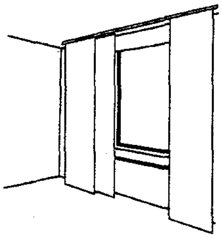
PROTECCIÓN VISUAL



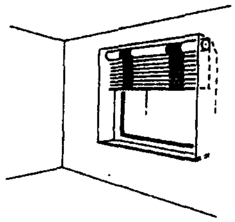
⑰ Prever suficiente espacio libre en las esquinas para las cortinas



⑱ Cortina de lamas verticales



⑲ Estor corredero



⑳ Persiana enrollable de lamas (para oscurecimiento interior)

VENTANAS

EXIGENCIAS

Además de ser un cerramiento exterior, las ventanas tienen tres funciones elementales: regular la cantidad de luz natural, renovar el aire en la estancia y facilitar vistas al interior y/o exterior. Estas funciones las pueden ejercer elementos diferentes. Los huecos para la salida de aire, las claraboyas o los escaparates de las tiendas solo cumplen algunas de las tres funciones fundamentales descritas arriba.

Con independencia de las ordenanzas locales y los reglamentos de iluminación natural (véase Iluminación natural, pág. 497), el tamaño y la posición de las ventanas deben cumplir sobre todo las exigencias arquitectónicas que en el exterior configuran la composición de la fachada. Las ventanas enrasadas con la cara interior del muro realzan la profundidad de este, las enrasadas con la cara exterior del mismo realzan su cualidad como superficie. Además de las proporciones entre anchura y altura, cabe considerar la superficie vidriada (marcos y hojas) y otros elementos de la fachada (que suelen obviarse cuando se cambian las ventanas)

Las ventanas son responsables de proporcionar luz al interior, una cuestión fundamental para los espacios. Su situación en planta es importante, pues en algunos casos es necesario colocar protecciones frente al deslumbramiento y ventanas de luz dirigida. ¿Cuánto ocupa el barrido de una hoja hacia el interior de la habitación? Los alféizares siguen siendo útiles (las ventanas oscilantes no son adecuadas para ventilar rápidamente y solo ayudan a una ventilación lenta). Además de todo esto, pueden presentarse exigencias contra incendios, robos o impactos.

Categorías de protección → págs. 119 y 130. Si la ventana es una vía de evacuación, entonces debe tener una luz de 0,9 × 1,2 m como mínimo y una altura máxima sobre el nivel del suelo acabado de 1,2 m.

Remodelación

Si es necesario cambiar las ventanas por otras técnicamente más convenientes, deben tenerse especialmente en cuenta los empalmes o uniones, pues al colocar ventanas de mejor calidad, existe el riesgo de que se produzca condensación (en el marco o en las esquinas exteriores de las estancias) y aparezcan hongos. Para evitar cambiar y empeorar la composición de la fachada y la entrada de luz, deberían mantenerse los tamaños de los vidrios originales (atención a los marcos y las hojas → ❻).

Construcción de viviendas

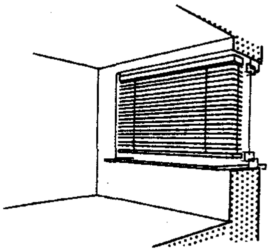
La exigencia mínima de los huecos para espacios residenciales depende de las normativas de cada lugar, pero fluctúa entre 1/8 y 1/10 de la superficie útil. Otros criterios son las distancias con los edificios vecinos (que arrojan sombra) y los parámetros según las ordenanzas de protección térmica. Para optimizar el balance energético pueden utilizarse los mismos criterios que en los espacios de trabajo.

Lugares de trabajo

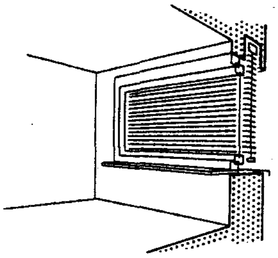
La superficie de ventana necesaria puede obtenerse de forma aproximada mediante la siguiente regla: la anchura total de todas las conexiones visuales al exterior deben guiarse por la directiva relativa a los lugares de trabajo (como mínimo 1/10 de la anchura total de los muros → ❼. La posibilidad de visibilidad al exterior debe producirse a la altura del ojo (altura de antepechos: 0,85-1,25 m) → pág. 108 ❾ - ⓰.

En lugares de trabajo de más de 3,5 m de altura, la superficie transparente de la ventana debe ser como mínimo un 30 % de la superficie de los muros exteriores → ❽.

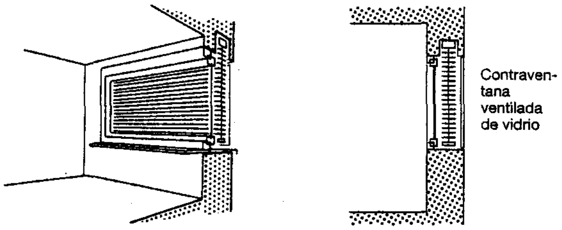
Para espacios con dimensiones similares a los espacios de vivienda se aplica una altura mínima de las superficies vidriadas de 1,3 m. Las normativas para la optimización de los recursos energéticos requieren un proyecto independiente, redactado por un especialista, donde se justifiquen las pérdidas y ganancias térmicas y el direccionamiento de la luz a través de la ventana.



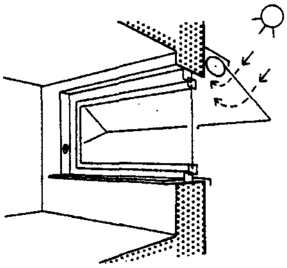
❶ Persiana veneciana en el interior, el sol llega hasta detrás del vidrio: solución poco favorable



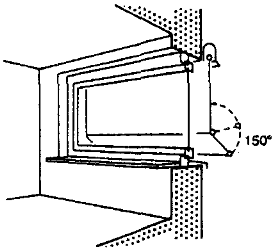
❷ Persiana veneciana en el exterior



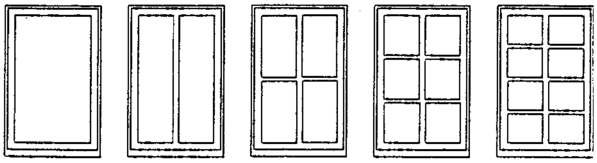
❸ Persiana veneciana en el exterior con contraventana de vidrio (protección solar en el exterior)



❹ Los toldos impiden la entrada de radiación directa



❺ Toldo vertical



Por cada 1,5 m² de vano, queda 1 m² Superficie vidriada 66 %

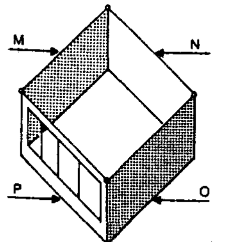
Por cada 1,5 m² de vano, queda 0,92 m² Superficie vidriada 61 %

Por cada 1,5 m² de vano, queda 0,89 m² Superficie vidriada 59 %

Por cada 1,5 m² de vano, queda 0,87 m² Superficie vidriada 58 %

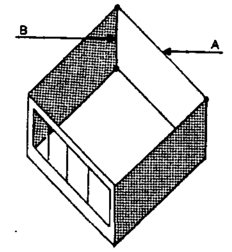
Por cada 1,5 m² de vano, queda 0,84 m² Superficie vidriada 56 %

❻ Ejemplos de disminución de superficie vidriada por las particiones



Superficie vidriada = 1/10 de la superficie
Ancho de ventana = 1/10 (M + N + O + P)

❼ Tamaños de ventanas en construcciones industriales



Tamaño de ventana ≥ 0,3 A × B

❽ Tamaños de ventanas en estancias de más de 3,5 m de altura

VENTANAS

Disposición
Exigencias
Tipos de abertura
Protección térmica
Protección acústica
Limpieza del edificio
Tragaluces
Lucernarios

véase también:
Luz natural, pág. 497
Sombreado y protección solar

VENTANAS

PROTECCIÓN TÉRMICA SEGÚN NORMATIVA ALEMANA ENEV 2009

Clasificación y denominación de las ventanas según tipo y hoja → ❶ y según tipo de marco o bastidor → ❷. Las altas exigencias de las ventanas (protección térmica y acústica) dan como resultado una gran variedad de formas y sistemas. La posición de la ventana en el muro es un elemento de gran importancia para componer una fachada. Por ello, es determinante la posición del aislamiento térmico y de la protección solar requerida → ❸. En un sistema de doble fachada, una hoja exterior de vidrio (de protección, no de acabado) sirve como protección contra el viento de los sistemas de sombreado, de tal forma que es posible la ventilación natural aún con viento y lluvia intensos. Debe evitarse en lo posible una disposición traslapada de la ventana y la capa de aislamiento, pues puede conllevar complicaciones y deficiencias en los aislamientos y sellados. Las tolerancias aceptadas para huecos en obras están reguladas en DIN 18 201. En huecos de ventanas y puertas de hasta 3 m de largo se aceptan tolerancias de hasta 12 mm; hasta 6 m, las tolerancias pueden ser de 16 mm.

Las ventanas y las puertas montadas hacia el exterior del muro en estancias calefactadas, deberán ejecutarse como mínimo con vidrio aislante o doble vidrio. En el caso de edificios de nueva planta, el coeficiente global de transmitancia térmica de las ventanas de todo un edificio debe calcularse según la EnEV 2009. Para este cálculo se incluirán también las ganancias solares → pág. 483 y ss. En el caso de construcción de nueva planta, de ampliación y renovación de edificios, deben considerarse los valores de la tabla → ❺, donde las puertas, las ventanas y los tragaluces tienen que cumplir exigencias de sellado y renovación mínima de aire: tabla → ❹.

EnEV 2009
véase también:
- Vidrios
- Física de la construcción
- Luz natural

Fila	Elemento constructivo	Medidas a proceder	Edificios de vivienda y zonas sin edificios de viviendas con temperaturas interiores > 19 °C	Zonas sin edificios de viviendas con temperaturas interiores de 12 a < 19 °C
			Valores máximos del coeficiente de pérdida de calor $U_{máx.}$ [1] en W/(m = K)	
2a	Ventana montada hacia el exterior	nº 2a y b	1,3[2]	1,9[2]
2b	Tragaluces	nº 2a y b	1,4[2]	1,9[2]
2c	Acristalamientos	nº 2c	1,1[3]	sin exigencias
2d	Muros cortina	nº 6 párrafo 1 letra a	1,4[4]	1,9[4]
2e	Muros cortina	nº 6 párrafo 1 letra b	1,9 4)	sin exigencias
2f	Techos acristalados	nº 2a y c	2[3]	2,7[3]
3a	Ventanas montadas hacia el exterior puertas ventanas y acristalamientos especiales	nº 2a y b	2[2]	2,8[2]
3b	Acristalamientos especiales	nº 2c	1,6[3]	sin exigencias
3c	Acristalamientos especiales	nº 6 párrafo 2	2,3[4]	3[4]

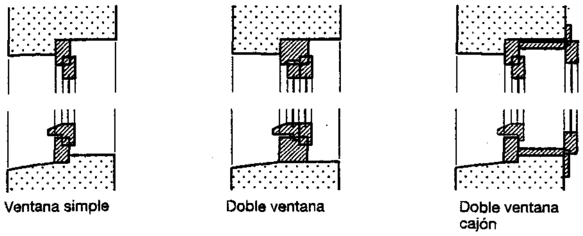
[1] Coeficiente de pérdida de calor de un elemento constructivo considerando las nuevas capas constructivas y las existentes.

[2] Valores del coeficiente de pérdida de calor de una ventana; este valor debe tomarse de acuerdo con las especificaciones técnicas del producto o según los valores energéticos de los elementos constructivos en las normativas alemanas de construcción (nacionales o regionales). En este último caso, se toman especialmente los valores energéticos de las normas técnicas europeas, así como también de valores energéticos de las normativas.

[3] Valores de transmitancia térmica del acristalamiento: este valor debe tomarse de acuerdo con las especificaciones técnicas del producto o según los valores energéticos de los elementos de construcción en las normativas alemanas de construcción (nacionales o regionales). En este último caso, se toman especialmente los valores energéticos de los permisos técnicos europeos, así como también de valores energéticos de las normativas, según la lista de reglas de construcción A parte 1 y con motivo de acuerdos en los permisos de la inspección de obras.

[4] Transmitancia térmica de un muro cortina; debe comprobarse según las regulaciones técnicas reconocidas.

❺ Según la EnEV, solo se permiten considerar los valores mayores para elementos constructivos en el caso de edificios de nueva planta, ampliación y renovación de edificios existentes

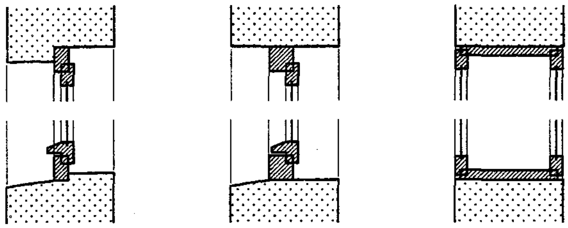


Ventana simple

Doble ventana

Doble ventana cajón

❶ Formas de ventanas según el tipo de hoja

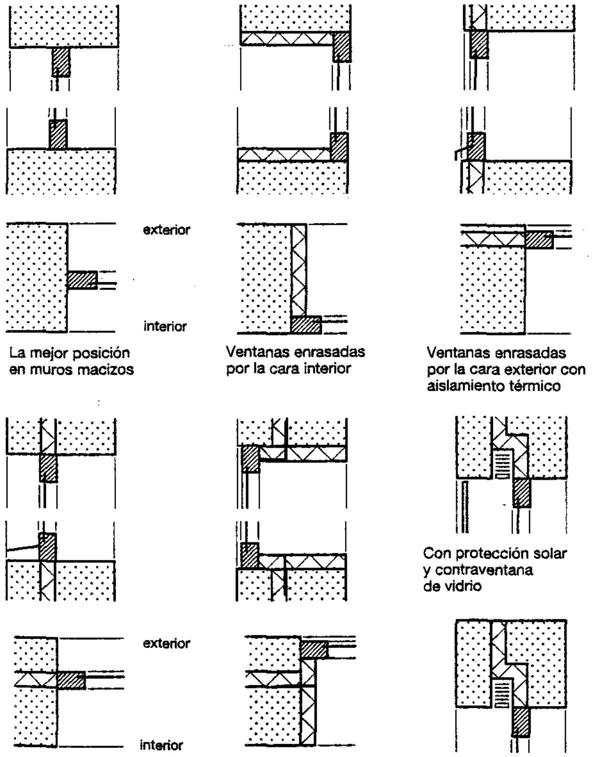


Ventana con bastidor de mocheta al exterior

Ventana con bastidor de bloque

Ventana de premarco

❷ Formas de ventanas según el tipo de marco (en los dibujos: exterior a la izquierda, interior a la derecha)



La mejor posición en muros macizos

Ventanas enrasadas por la cara interior

Ventanas enrasadas por la cara exterior con aislamiento térmico

Con protección solar y contraventana de vidrio

Con aislante en el centro, montado sobre el aislamiento

Enrasado con el exterior, traslapado con el aislamiento, con bastidor continuo montado en un muro de carga

Con protección solar en la zona de la capa exterior

❸ Posición de la ventana en el muro (en los dibujos: exterior a la izquierda, interior a la derecha)

Línea	Numero de plantas	Clase de permeabilidad de las juntas según DIN EN 12207-1: 2000-06
1	hasta 2	2
2	más de 3	3

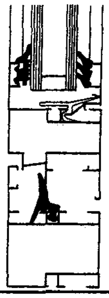
❹ Clases de permeabilidad de juntas para ventanas, puertas y tragaluces montados por el exterior del muro

VENTANAS

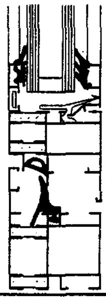
PROTECCIÓN ACÚSTICA

Para mejorar el aislamiento acústico de las ventanas, deben colocarse varias capas de vidrio una junto a la otra. Para reducir la resonancia recíproca, se combinan vidrios de distintas secciones (p. ej., 4/8 mm; 6/12 mm). A mayor distancia entre vidrios, mejor aislamiento acústico. Pueden obtenerse otras mejoras separando el marco y resolviendo el encuentro con una ejecución absorbente acústica. Las ventanas de premarco aíslan incluso mejor con un simple acristalamiento que una ventana con vidrio aislante.

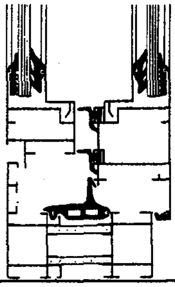
En el caso de mayores exigencias de protección acústica, debe preverse un aislamiento acústico adecuado en los mecanismos de ventilación, pues el aislamiento acústico se consigue solo con las ventanas cerradas.



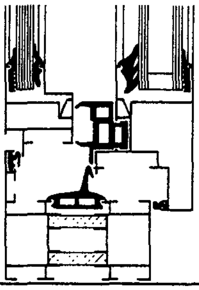
❶ Ventana con carpintería de aluminio convencional



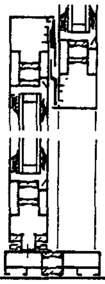
❷ Ventana con carpintería de aluminio y aislamiento térmico y acústico hasta 37 dB



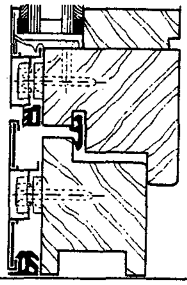
❸ Ventana universal con carpintería de aluminio, protección solar intermedia y aislamiento acústico hasta 47 dB



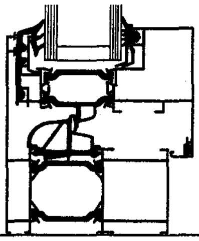
❹ Ventana con carpintería de aluminio y aislamiento térmico y acústico hasta 47 dB



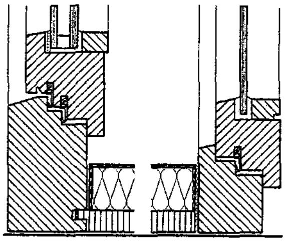
❺ Ventana corredera con carpintería de aluminio, aislamiento acústico de hasta 35 dB



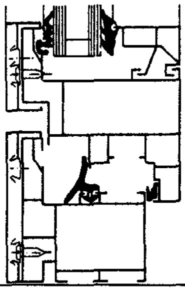
❻ Ventana con carpintería de madera y aluminio, aislamiento acústico de hasta 35 dB



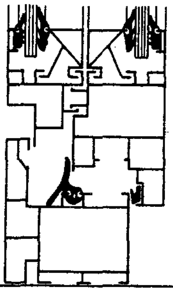
❼ Ventana con carpintería de aluminio y rotura del puente térmico; aislamiento acústico de hasta 40 dB



❽ Ventana de premarco de madera con marco, aislamiento acústico de hasta 45 dB



❾ Ventana con carpintería de plástico y marco de aluminio, aislamiento acústico de hasta 42 dB



❿ Ventana con carpintería de plástico, aislamiento acústico de hasta 45 dB. Puede colocarse una protección solar

	Distancia de la ventana al centro de la calle (m)	Nº vehículos/h en ambas direcciones	Grupo nivel ruido
Calle resid.		< 10	0
de 2º orden	< 35		0
		26 a 35	
	10 a 50		I
	11 a 25		II
	≤ 10		III
Calle resid.	> 100		0
de 2º orden	36 a 100		I
(2 carriles)	26 a 35	50 a 200	II
	11 a 25		III
	≤ 10		IV
Carretera	101 a 300		
comarcal en	101 a 300		I
población [1]		36 a 100	II
(2 carriles)	11 a 35	200 a 1.000	III
	≤ 10		IV
Calle resid.	101 a 300		III
de 1er orden	36 a 100	1.000 a 3.000	IV
(2 carriles)			
Calle principal	> 35		V
de una ciudad,			
polígonos	101 a 300		IV
industriales			
4-6 carriles			
Carreteras	≤ 100	3.000 a 5.000	V
nacionales			
accesos a			
autopistas y			
autopistas			

[1] En las carreteras comarcales fuera de una población y en las calles de polígonos industriales y comerciales se ha de considerar el grupo de nivel de ruido inmediatamente superior

⓫ ¿Cuánto ruido hay?

Grupo de nivel de ruido	Nivel de ruido medio en el exterior (en dB)	Aislamiento acústico mínimo R_w (en dB) en las salas de estar de viviendas [2]
0	≤ 50	25(30)
1	51 hasta 55	25(30)
II	56 hasta 60	30(35)
III	61 hasta 65	35(40)
IV	66 hasta 70	40(45)
V	> 70	45(50)

[2] Los valores entre paréntesis son válidos para los muros exteriores y también deben mantenerse en las ventanas, si abarcan más del 60 % del cerramiento exterior

⓬ Elección del aislamiento acústico correcto

Tipo de aislam. acústico	Valor del aislam. acústico dB	Orientaciones sobre las características constructivas más importantes que deben cumplir las ventanas y los elementos de ventilación
6	50	Ventana de caja con marco independiente y con estanquidad especial, gran separación entre hojas y acristalamiento con vidrio grueso
5	45-49	Ventana de caja con estanquidad especial, gran separación entre hojas y acristalamiento con vidrio grueso; ventana compuesta con marcos no acoplados, estanquidad especial, separación entre hojas mayor de 100 mm y acristalamiento con vidrio grueso
4	40-44	Ventana de caja con estanquidad adicional y acristalamiento con vidrio de grueso medio; ventana compuesta con estanquidad especial, separación entre hojas de más de 60 mm y acristalamiento con vidrio grueso
3	35-39	Ventana de caja sin estanquidad adicional y vidrio de grosor medio; ventana compuesta con estanquidad adicional, separación entre hojas normal y acristalamiento con vidrio grueso, acristalamiento con vidrio aislante multicapa; lunas de 12 mm selladas directamente a la obra o en ventanas completamente estancas
2	30-34	Ventana de caja con estanquidad adicional y vidrio de grosor medio; vidrio aislante grueso; vidrio de 6 mm sellado directamente a la obra o en ventanas estancas
1	25-29	Ventana de caja con estanquidad adicional y vidrio de grosor medio; vidrio aislante delgado en ventanas sin estanquidad adicional
0	20-24	Ventanas poco estancas con vidrio sencillo o aislante

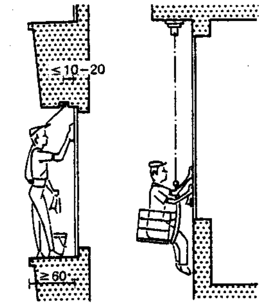
⓭ Tipo de aislamiento acústico de las ventanas (extracto de las directrices VDI-2719)

Ascensores de fachada y pasarelas transitables

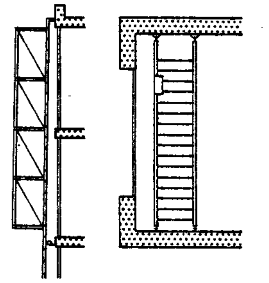
Como medida de seguridad pueden emplearse cinturones con arnés, cuerdas de seguridad y dispositivos de seguridad suspendidos → ❶.

Para limpiar ventanas desde fuera (lo cual permite colocar ventanas fijas) y efectuar trabajos de mantenimiento, se pueden emplear góndolas suspendidas y grúas elevadoras → ❽ - ⓫. Si se montan a tiempo también pueden aprovecharse para colocar las celosías, ventanas, etc. Las góndolas suspendidas y las pasarelas transitables pueden utilizarse, con pocas modificaciones constructivas, como medios de salvamento en caso de incendio.

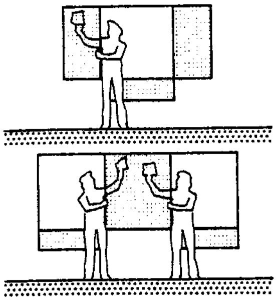
Las escaleras suspendidas (desplazables a lo largo de la fachada) de metal ligero → ❷ se componen de una escalera transitable y unos raíles. Anchura de la escalera 724 o 840 mm, longitud máxima total de la escalera 25 m. Carga máxima 200 kg (dos operarios con utensilios). Una variante puede ser las pasarelas transitables → ❺ y los balcones de limpieza → ❻.



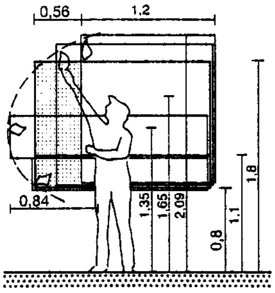
❶ Empleo de cinturón o arnés de seguridad



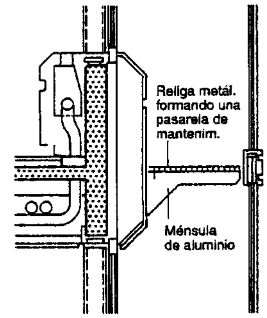
❷ Escalera de seguridad desplazable horizontalmente, edificios de 3 a 4 plantas



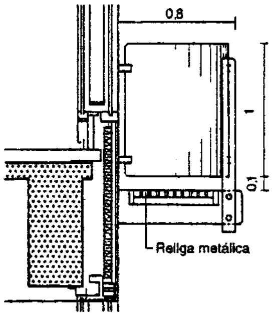
❸ Limpieza de ventanas adyacentes



❹ Superficie accesible con la mano: zona máx. que puede limpiarse



❺ Pasarela transitable

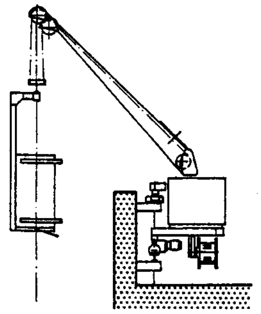


❻ Balcón de limpieza

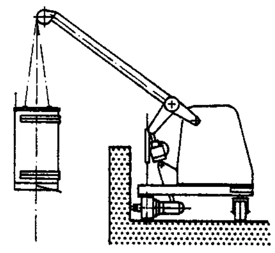
Tipo de edificio	Ventanas	Lucernarios
Oficinas	cada 3 meses*	cada 12 meses
Oficinas públicas	2 semanas	3 meses
Comercios	exterior: cada semana interior: cada 2 semanas	6 meses
Comercios (en calles principales)	exterior: a diario interior: cada semana	3 meses
Hospitales	3 meses	6 meses
Escuelas	3-4 meses	12 meses
Hoteles (primera categoría)	2 semanas	3 meses
Fábricas (trabajos de precisión)	4 semanas	3 meses
Fábricas (trabajos pesados)	2 meses	6 meses
Viviendas privadas	4-6 semanas	-

* Las ventanas de la planta baja se deben limpiar más a menudo

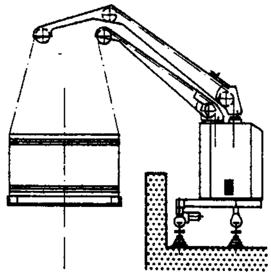
❼ Período de limpieza de las ventanas



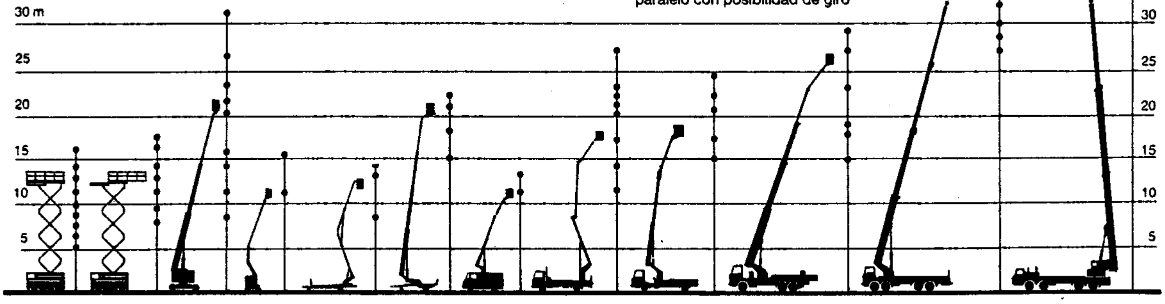
❽ Góndola de fachada para 1 persona



❾ Góndola suspendida de un solo brazo. Desplazamiento en paralelo



❿ Góndola suspendida de dos brazos. Desplazamiento en paralelo con posibilidad de giro



⓫ Dispositivos de plataformas elevables

Sistema Gardemann

VENTANAS

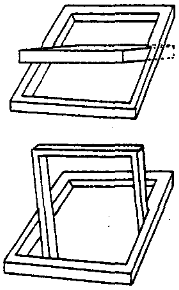
VENTANAS DE DESVANES HABITABLES

Para calcular las dimensiones de las ventanas de un desván es decisivo el grado de habitabilidad del mismo.

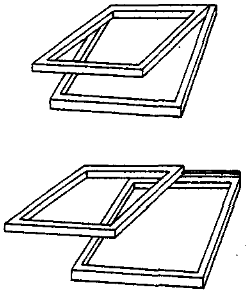
Las normativas de construcción exigen una superficie mínima de iluminación equivalente a 1/8 de la superficie en planta → ⑪.

Las ventanas grandes con mucha superficie de iluminación hacen que los espacios sean habitables.

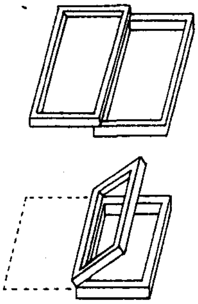
Puede darse mayor anchura a las ventanas mediante particiones intermedias. Las cubiertas de gran pendiente exigen ventanas más cortas, las cubiertas planas requieren ventanas más largas. Las ventanas de desvanes habitados pueden ser basculantes con un marco especial → ④ y disponerse en casetones aislados o en línea.



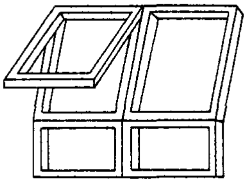
① Ventanas basculantes



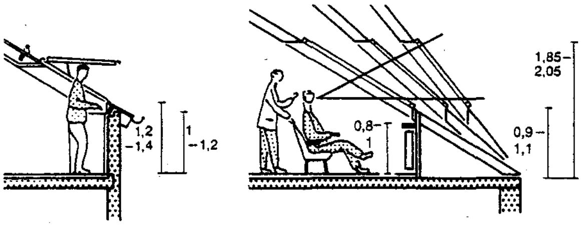
② Ventanas abatibles de eje horizontal



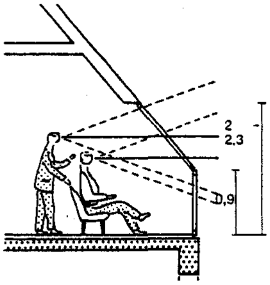
③ Ventana-puerta corredera



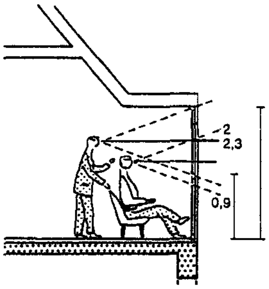
④ Ventana con una hoja practicable y otra fija


1,2
–1,4
1
–1,2
0,8–
1
1,85–
2,05
0,9–
1,1

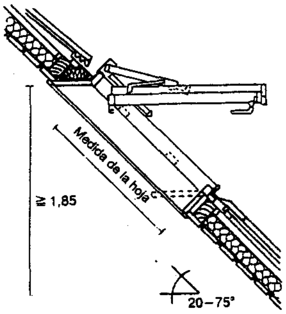
⑤ Disposición de ventanas en un desván



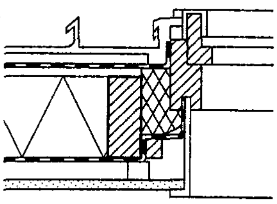
⑥ Con ventana vertical adicional



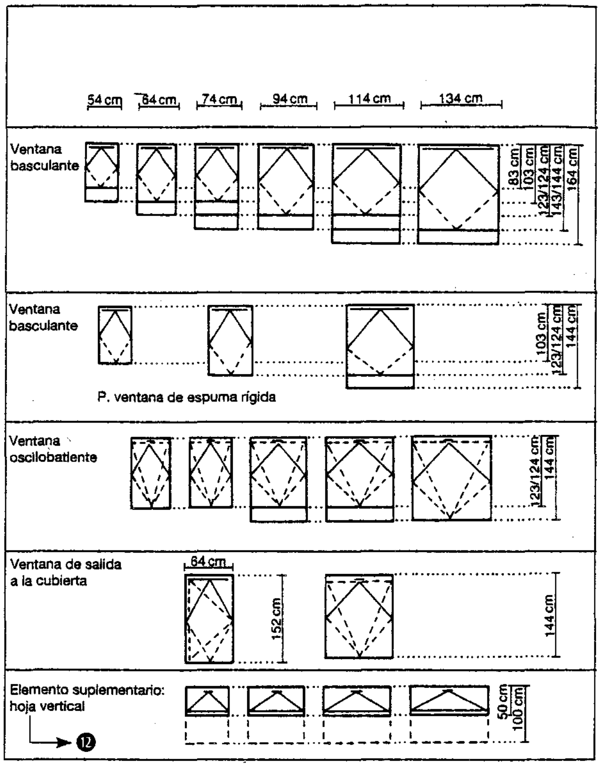
⑦ Como buhardilla. Buhardillas → pág. 96


Medida de la hoja
≥ 1,85
20–75°

⑧ Sección vertical



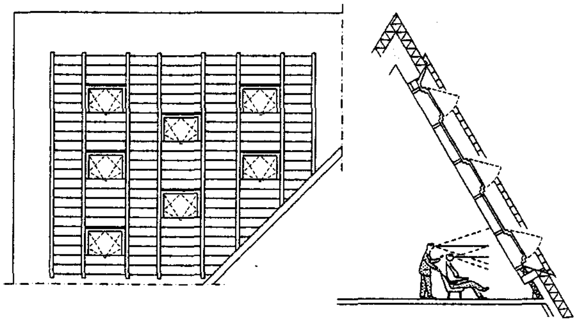
⑨ Sección horizontal


54 cm
64 cm
74 cm
94 cm
114 cm
134 cm
Ventana basculante
83 cm
103 cm
123/124 cm
143/144 cm
164 cm
Ventana basculante
103 cm
123/124 cm
144 cm
P. ventana de espuma rígida
Ventana oscilobatiente
123/124 cm
144 cm
Ventana de salida a la cubierta
64 cm
152 cm
144 cm
Elemento suplementario: hoja vertical
→ ⑫
50 cm
100 cm

⑩ Cálculo del tamaño de las ventanas en función de la superficie en planta

Tamaño vent.	54/83	54/103	64/103	74/103	74/123	74/144	144/123	114/144	134/144
Superf. entrada de luz en m²	0,21	0,28	0,36	0,44	0,55	0,66	0,93	1,12	1,36
Superf. planta en m²	2	2-3	3-4	4-5	6-7	9	11	13	

⑪ Cálculo del tamaño de las ventanas en función de la superficie en planta



⑫ Fachada con tragaluces integrados y chapa de metal perforado antepuesta
Arqs.: Kister Scheithauer Gross

VENTANAS

LUCERNARIOS Y CÚPULAS TRANSPARENTES

Para iluminar y ventilar locales, pabellones, cajas de escaleras, etc., se pueden utilizar cúpulas, claraboyas, casetones transparentes o translúcidos, válvulas para salida de humos y celosías con elementos fijos y móviles. Si las cúpulas transparentes se orientan al norte, se evita la entrada directa de rayos solares y, por consiguiente, el posible deslumbramiento → ❹. También la mayor o menor altura del zócalo condiciona la inclinación de los rayos directos de sol y, por lo tanto, el deslumbramiento → ❶. Las claraboyas con abertura de ventilación han de orientarse en sentido opuesto a la dirección del viento dominante, para aprovechar la succión del viento. La abertura de entrada ha de ser un 20 % más pequeña que la de salida. Mediante una ventilación forzada con ventiladores situados en el zócalo puede alcanzarse una potencia de extracción de 150 a 1.000 m³/h → ❷. Las cúpulas transparentes también pueden utilizarse como acceso a la cubierta.

En las instalaciones de extracción de humos debe prestarse especial atención a la aerodinámica de la superficie de extracción. Girando los extractores cíclicamente 90°, se cubren las influencias del viento en todas las direcciones. La disposición sotavento-barlovento debe emplearse cuando las parejas de ventiladores se colocan a favor o en contra de la dirección dominante del viento.

En las cajas de escaleras de más de cuatro pisos se exigen aberturas para la extracción de humos.

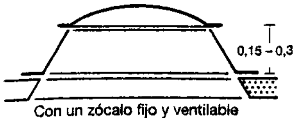
Diferentes medidas de lucernarios, sin necesidad de construir elementos especiales, hasta 5,5 m, y en casos especiales hasta 7,5 m. Existen diferentes sistemas de iluminación cenital que ofrecen una iluminación difusa, sin deslumbramiento, del espacio interior → ⓮. Las claraboyas tipo *shed* con hilaza de vidrio, garantizan todas las ventajas de las naves con este tipo de cubierta. Las cubiertas planas convencionales pueden transformarse en cubiertas *shed* mediante superposiciones especiales → ⓭.

Elementos constructivos

VENTANAS

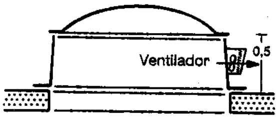
Disposición
Exigencias
Tipos de abertura
Protección térmica
Protección acústica
Limpieza del edificio
Tragaluces
Lucernarios

véase también:
Luz natural,
pág. 497 y ss.


0,15 – 0,3
Con un zócalo fijo y ventilable

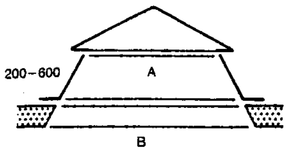
0,6 × 0,6	1,2 × 2,4	1,8 × 2,4
0,8 × 0,8	1,25 × 2,5	1,8 × 2,7
0,9 × 0,9	1,5 × 1,5	1,8 × 3
1 × 1	1,5 × 1,8	2,2 × 2,2
1 × 2	1,5 × 2,4	2,5 × 2,5
1,2 × 1,2	1,8 × 1,8	
1,2 × 1,8		
Claraboyas circ.: Ø 60, 90, 100, 120, 150, 180, 220, 250		

❶ Claraboya "normal" (en m)


Ventilador
0,5

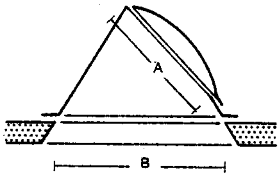
0,5 × 1	1 × 1	1,2 × 1,5
0,5 × 1,5	1 × 1,5	1,2 × 2,4
0,6 × 0,6	1 × 2	1,5 × 1,5
0,6 × 0,9	1 × 2,5	1,5 × 3
0,6 × 0,9	1 × 3	1,8 × 2,7

❷ Claraboya con zócalo alto (en m)



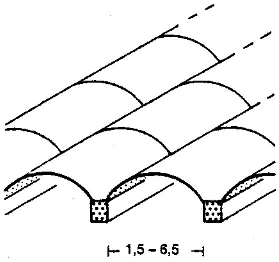
A	B	A	B
0,4	0,6 × 0,6	1,6	1,8 × 1,8
0,7	0,9 × 0,9	1,7	2 × 2
0,8	1 × 1	2,2	2 × 2,2
1	1,2 × 1,2	2,3	2,5 × 2,5
1,3	1,5 × 1,5	2,4	2,7 × 2,7

❸ Claraboya piramidal (en m)

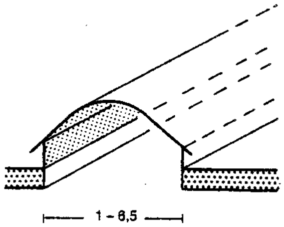


A = Paso de luz	B = Hueco forjado
0,72 × 1,2 × 1,08	1,25 × 1,25
0,72 × 2,45 × 2,3	1,25 × 2,5
0,75 × 1,16 × 0,76	1,5 × 1,5

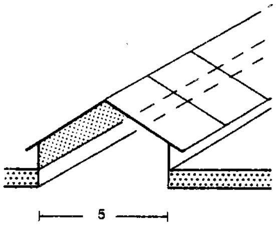
❹ Claraboya orientada al norte



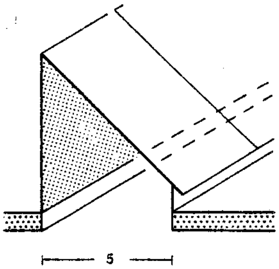
❺ Banda de iluminación cenital



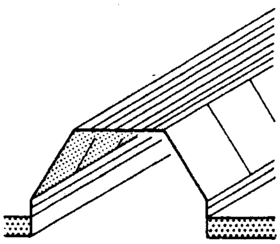
❻ Lucernario abovedado



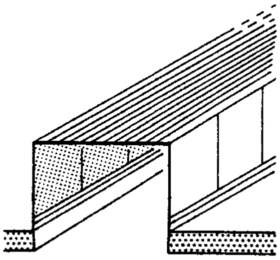
❼ Lucernario a dos aguas



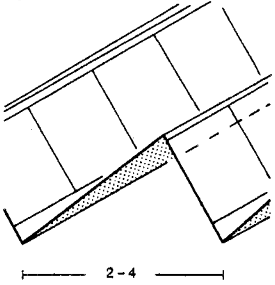
❽ Lucernario de pendiente única



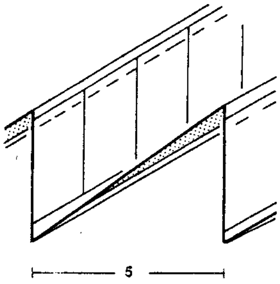
❾ Linterna con aberturas inclinadas



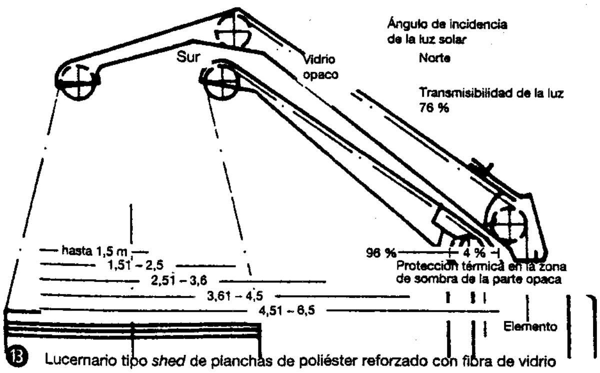
❿ Linterna vertical



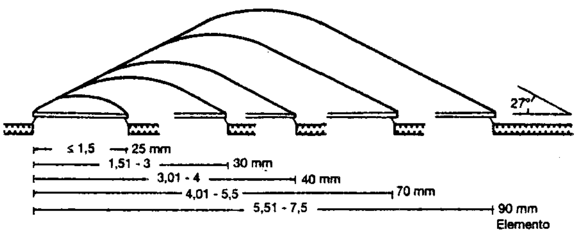
⓫ *Shed* a 60°, *shed* inclinado



⓬ *Shed* a 90°, *shed* vertical

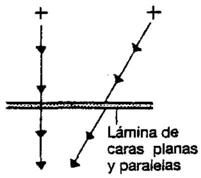

Ángulo de incidencia de la luz solar
Sur
Vidrio opaco
Norte
Transmisibilidad de la luz 76 %
hasta 1,5 m
1,51 – 2,5
2,51 – 3,6
3,61 – 4,5
4,51 – 6,5
96 %
4 %
Protección térmica en la zona de sombra de la parte opaca
Elemento

⓭ Lucernario tipo *shed* de planchas de poliéster reforzado con fibra de vidrio

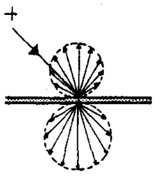

27°
≤ 1,5
25 mm
1,51 - 3
30 mm
3,01 - 4
40 mm
4,01 - 5,5
70 mm
5,51 - 7,5
90 mm
Elemento

⓮ Elementos de dos capas para lucernarios

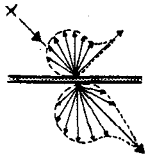
DIN EN 410



❶ Transparencia orientada del vidrio claro, con refracción de los rayos inclinados



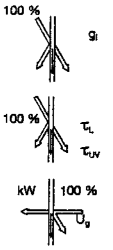
❷ Transparencia difusa, vidrio opal translúcido, alabastro, etc.



❸ Transparencia mixta del vidrio ornamental, vidrio opal claro, seda, etc.

Material	Difusión	Grosor mm	Reflexión %	Transparencia %	Absorción %
Vidrio claro	ninguna	2 - 4	6 - 8	90 - 92	2 - 4
Vidrio espejado	ninguna	3,2 - 5,9	7 - 24	57 - 90	3 - 21
Vidrio armado	ninguna	1,75 - 3,1	7 - 20	63 - 87	4 - 17
Vidrio crudo	ninguna	1,75 - 3,1	6 - 16	77 - 89	3 - 11
Porcelana	buena	3	72 - 77	2 - 8	20 - 21
Mármol, pulido	buena	7,3 - 10	30 - 71	3 - 8	24 - 65
Mármol impregnado	buena	3 - 5	27 - 54	12 - 40	11 - 49
Alabastro	buena	11,2 - 13,4	49 - 67	17 - 30	14 - 21
Cartón, débilm. impregnado	buena		69	8	23
Pergamino, sin teñir	buena		48	42	10
Pergam. tint. amarillo claro	buena		37	41	22
Pergam. tint. amarillo oscuro	buena		36	14	50
Seda, blanca	bast. buena		28 - 38	61 - 71	1
Seda de color	bast. buena		5 - 24	13 - 54	27 - 80
Resopal, tintado	buena	1,1 - 2,8	32 - 39	20 - 36	26 - 48

❹ Propiedades luminotécnicas de los materiales transparentes y translúcidos → pág. 507 ❷, pág. 516 ❼



g La transmisión energética total g se relaciona con el espectro de longitudes de onda de 300 a 2.500 mm. Es la suma entre la radiación directa que atraviesa y la aportación de calor (irradiación y convección) hacia el interior.

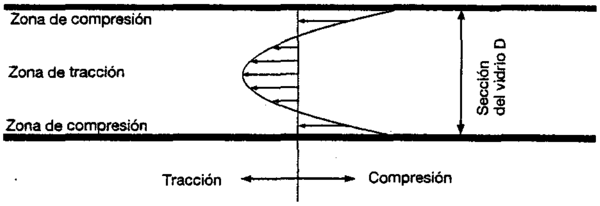
τ_L El resultado de la transmisión energética total τ_L tiene que ver con el espectro de longitudes de onda de la luz visible de 380 a 780 mm, y se mide con relación a la sensibilidad a la luz del ojo humano.

τ_{UV} La transmisión UV τ_{UV} para radiación ultravioleta viene dada por el espectro de longitudes de onda de 280 a 300 nm.

U_g La transmitancia térmica U_g (DIN EN 673) de un acristalamiento indica la cantidad de energía por segundo y m² que ha perdido en un cambio de temperatura de 1 Kelvin. Cuanto más bajo sea este valor, menos calor se perderá. Los laminados, el relleno de gas y la distancia entre los vidrios influyen mucho en el valor de transmitancia térmica.

R_a El índice de reproducción de color R_a describe las características de la reproducción del color en un acristalamiento. Un valor $R_a > 90$ significa una muy buena reproducción de color.

❺ Los datos técnicos lumínicos y energéticos vienen dados por la norma DIN EN 410



El vidrio se calienta rápidamente a unos 680 °C. Un soplado de aire frío hace que se enfríen rápidamente las capas exteriores y, por tanto, se solidifique. Durante el resto del enfriamiento, la capa sólida previene las tensiones de la zona central. Las zonas exteriores se comprimen, mientras que en las interiores se produce una tracción. Cuando el vidrio se vea solicitado a flexión, primero se compensarán las tensiones de tracción existentes, antes de generar tracciones en el material. Con esta medida puede mejorarse la resistencia a flexión de un vidrio flotado en 45 a 120 N/mm².

❻ Características de vidrios templados pretensados o parcialmente pretensados

Materiales transparentes, permeables a la luz

Para determinar las dimensiones, la coloración, los tamaños del hueco de luz y la iluminación de los espacios es importante conocer la transparencia del material, la dispersión y el reflejo, para así obtener el efecto artístico y económico deseado.

Se diferencia entre **materiales refractantes**, con un reflejo direccionado, totalmente difuso y con un reflejo parcialmente difuso, y los **materiales transparentes** con transparencia dirigida → ❶, difusa → ❷ y mixta → ❸.

Observación: los **vidrios mate** con esmerilado en su cara interior (preferible, porque se ensucian menos) absorben menos luz que el vidrio esmerilado en su cara exterior.

Vidrio

Información de los fabricantes:
www.flachglas-markenkreis.de (manual del vidrio, en alemán)
www.saint-gobain-glass.com
Centro de Información Técnica del Vidrio (Paseo de la Castellana, 77, 8°, 28046 Madrid)

Fabricación

Tras un proceso mecánico, el vidrio estirado está listo para ser utilizado sin necesidad de manipulaciones posteriores. El vidrio es claro, transparente, incoloro y de grosor homogéneo. Las superficies de ambas caras son planas y pulidas al fuego. La constitución básica de los vidrios flotantes puede variar levemente según el origen de las materias primas utilizadas, pero ello no produce prácticamente ninguna diferencia en los valores físicos del material. Según la DIN EN 572-1, los valores cromáticos y de permeabilidad a la luz y la energía pueden constituir una excepción. Para la fabricación de vidrio de color se utilizarán aditivos de óxidos metálicos adecuados a la coloración deseada, aunque la gama cromática que se consigue es muy limitada. Es posible obtener un mayor surtido de colores y motivos con técnicas de esmerilado, que se realizan en forma de serigrafiado, aunque esta técnica solo puede utilizarse en vidrios templados.

Las superficies vidriadas con más de 10° de pendiente en vertical se consideran superficies de cubierta (tragaluces) por las cargas adicionales que se producen (peso propio, nieve, agua y climatológicas), por lo que debe aplicarse el reglamento técnico para el uso de acristalamientos lineales.

Características

Se considera que el vidrio es un líquido enfriado, un material quebradizo que, a pesar de ello, funciona bien a compresión. Sin embargo, a tracción soporta 1/10 de las cargas a compresión. Si se sobrepasan los límites elásticos, ya sea mediante tensiones térmicas o mecánicas, el material se quiebra. El vidrio normal se quiebra en trozos afilados de diferentes tamaños que pueden ser un peligro para las personas.

Las características del vidrio pueden modificarse, según las exigencias necesarias, mediante diferentes procesos.

Los tratamientos térmicos posteriores de los vidrios aportan una tensión base en el vidrio que aumenta su resistencia a tracción y a compresión → ❻. En caso de rotura, el pretensado del vidrio hace que se rompa en pequeños trozos romos (vidrio de seguridad simple).

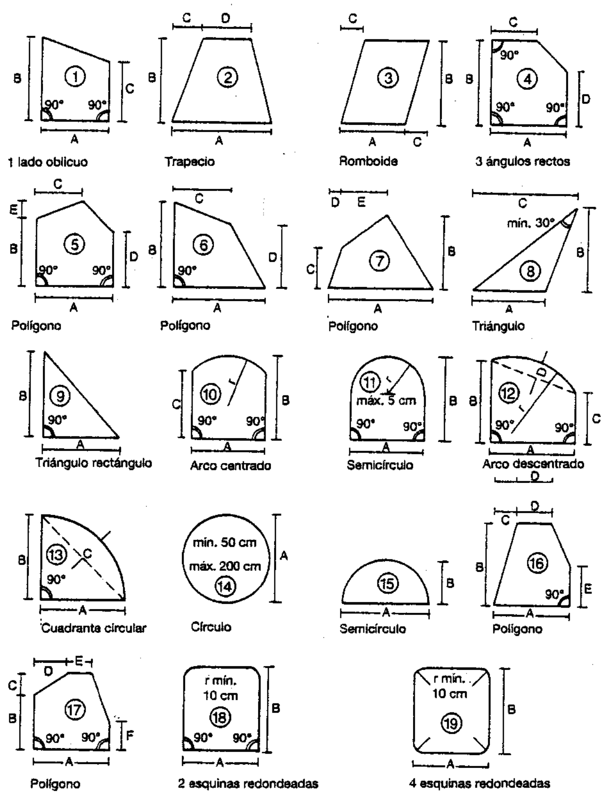
Los laminados permiten definir la transparencia y/o refracción de longitudes de onda determinadas (p. ej., en el caso de vidrios con protección térmica).

Es posible montar dos o más vidrios con una capa intermedia de diversas funciones.

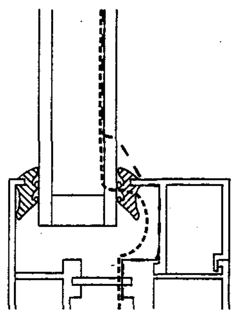
Las membranas resistentes a rajaduras pueden evitar la caída de trozos de vidrio (vidrio de seguridad → pág. 118 → ❹), y mayor número de capas posibilitan obtener un vidrio de seguridad antirrobo.

Las capas intermedias pueden imprimirse para conseguir una gran variedad de creaciones de color y gráficas.

Los rellenos especiales de gel permiten evitar el la radiación térmica a su través (acristalamientos resistentes al fuego → pág. 123).

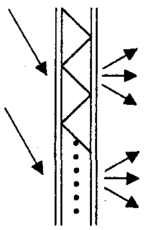


❶ Ejemplos de formas de suministro de vidrio aislante



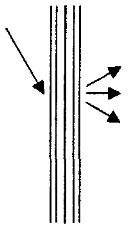
La ilustración muestra esquemáticamente las isotermas (curvas con la misma temperatura) en el caso de un vidrio aislante con un borde térmicamente optimizado, en comparación con un espaciador convencional de aluminio o acero. Puede verse claramente que, con el espaciador mejorado, la isoterma se sitúa mucho más cerca del borde del vidrio, lo que significa que, en el interior, está más caliente y se produce una condensación menor

❷ Recorrido del calor entre el marco y el vidrio en ventanas altamente aisladas [06]



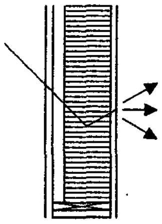
Enrejado, malla, membrana punteada, persianas

❸ **Vidrios con cámara intermedia**



Con láminas transparentes, translúcidas y de color adheridas al vidrio

❹ **Vidrio de seguridad compuesto**



Sistema capilar entre vidrios, difusor lumínico, bajos valores U_g

❺ **Aislamiento térmico translúcido**

Deben dibujarse las formas especiales de los vidrios mediante esquemas con medidas, según el sistema adjunto. En el caso de formas angulosas (de menos de 30°), debe achaflanarse la punta al menos 10 mm. Deben evitarse los formatos de vidrios muy pequeños (≤ 60 cm de longitud), pues existe un alto riesgo de rotura y el sellado perimetral puede perder su capacidad de estanquidad por la baja elasticidad de los vidrios → ❶.

Espaciadores térmicamente mejorados

Los espaciadores térmicamente mejorados han cobrado mayor importancia debido al reglamento alemán de ahorro energético (EnEV) y a unas normas cada vez más exigentes. En el marco del nuevo cálculo de comprobación definido en la EnEV, es posible considerar las capacidades térmicas de los espaciadores. No obstante, estas mejoras no aparecen en los valores U_g, sino que serán consideradas adicionalmente de transmitancia relacionada al perímetro ψ.

Con este aislamiento térmico mejorado en el espacio crítico entre el vidrio y el marco, las temperaturas interiores son más altas que utilizando un espaciador de aluminio convencional. Gracias a ello, apenas se genera condensación, que generalmente se produce por una humedad elevada en los espacios más fríos → ❷. Además, en el caso de ventanas con marcos de madera se reducirán los efectos dañinos de la humedad o el riesgo de aparición de moho y hongos.

Conducción de luz y protección solar en la cámara intermedia

En la cámara intermedia pueden integrarse diversos sistemas de conducción de luz → ❸, como elementos conductores de luz fijos que utilizan la reflexión o refracción de luz para lograr una luz difusa en el interior de la estancia, y filtrar la luz solar directa o dirigirla al fondo de un espacio según la posición del sol.

Las lamas fijas, regulables o plegables están protegidas de la suciedad o de daños si se colocan entre los dos paños de vidrio, y pueden accionarse manual o eléctricamente (con un motor). Los vidrios deben ser vidrios simples de seguridad (VSS), pues pueden producirse tensiones elevadas debidas al calor. El grosor de la cámara intermedia varía entre 20 y 27 mm.

Aislamiento térmico en la cámara intermedia

El aislamiento térmico transparente (ATT) → ❺ posibilita un aislamiento térmico y una transmisión de calor elevados. Estos sistemas son más o menos difusores de luz. Se utilizan tubos de vidrio o de plástico, colocados en perpendicular a la superficie de un paño de vidrio, que reflejan la luz hacia el interior y evitan la convección de aire en caso de grandes separaciones entre las hojas de la unidad de vidrio aislante. Por sus métodos de fabricación, los vidrios de múltiples hojas o los rellenos con partículas de espuma tienen una mayor reflexión de calor hacia el exterior. En verano, los elementos de ATT necesitan una sombra eficiente. Se colocan principalmente delante de muros colectores de calor.

Recubrimientos autolimpiantes en la cara exterior

Distintos fabricantes de vidrios ofrecen recubrimientos autolimpiantes en la posición 1 (→ pág. 117) de los vidrios aislantes.

Este recubrimiento produce pequeños cambios de color e influye, aunque levemente, en los valores lumínicos y energéticos estandarizados. Pueden aplicarse sobre vidrios aislantes térmicos, vidrios con protección solar y sobre placas de fachada, pero siempre consultando con el fabricante. En todo caso, deben cumplirse las instrucciones de limpieza que indica este último.

VIDRIO

VIDRIO DE SEGURIDAD Y DE PROTECCIÓN ACÚSTICA

Aislamiento acústico

Todos los vidrios aislantes térmicos y aquellos con protección solar pueden tener además la función de protección acústica, con sus respectivas medidas adicionales que pueden influir en la transmisión de luminosidad, en el valor g y en el valor U_g. Estos cambios de valores deben considerarse en la documentación de protección térmica según el EnEV.

Como ejemplo, pueden adoptarse las siguientes medidas adicionales, según los valores de aislamiento acústico deseado: resina líquida, relleno de gases pesados, vidrio compuesto con membrana aislante acústica, etc.

En los manuales de vidrio de cada fabricante se refieren los valores de aislamiento acústico para todas las combinaciones; estos datos deberán tomarse en consideración a la hora de hacer el proyecto, y solo pueden utilizarse productos con todos sus certificados.

Clases de aislamiento acústico en ventanas → pág. 112 ⓭ y 398.

Además del coeficiente de aislamiento acústico R_w, en la norma DIN EN ISO 717-1 se definen los valores adaptables del espectro sonoro, con los que puede adaptarse el valor R_w a la sensación auditiva subjetiva de distintas situaciones de ruido → ❷.

Vidrios de seguridad

Las exigencias para estos tipos de acristalamiento hacen que sean pesados paquetes de vidrio, por lo que el vidrio tomará una tonalidad verdosa, que puede reducirse utilizando vidrio blanco; también es posible combinarlo con vidrio aislante térmico y de protección solar.

Protección contra robos (zonas privadas) DIN EN 356

Incluyen vidrios de seguridad para clientes privados, para disuadir a los ladrones y hasta acristalamientos de alta calidad antirrobo, según el reglamento alemán de seguridad de protección contra daños VdS. Para ello sirven los vidrios de seguridad, compuestos de al menos dos vidrios unidos entre sí por una membrana de plástico altamente resistente.

Protección contra robos (uso comercial) DIN EN 356

En estos casos puede conseguirse el efecto protector solo con múltiples capas compuestas por vidrios de diferentes grosores y capas de membranas plásticas. Si debe utilizarse el vidrio de seguridad en el ámbito fijado por una aseguradora, regirá el reglamento alemán de seguridad de protección contra daños VdS y las clases de resistencia antirrobo serán clasificadas como EH1, EH2 y EH3.

Protección antibalas (según DIN 52290-2)

Según la norma europea se describen las siguientes categorías de resistencia BR (según DIN 52290-2):

Clase BR 1:	escopeta .22
Clase BR 2 (C1):	arma de fuego corta 9 mm
Clase BR 3 (C2):	arma de fuego corta .357 Magnum
Clase BR 4 (C3):	arma de fuego corta .44 Magnum
Clase BR 5:	escopeta 5,56 × 45
Clase BR 6 (C4):	escopeta 7,62 × 51 munición estándar
Clase BR 7 (C5):	escopeta 7,62 × 51 munición de punta dura
Clase SG 1:	fusil calibre 12/70 (1 tiro)
Clase SG 2:	fusil calibre 12/70 (3 tiros)

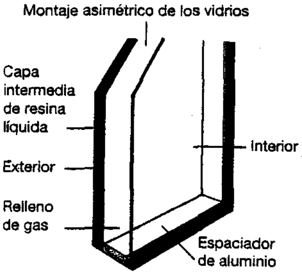
Estos vidrios pueden fabricarse con la denominación (en el interior) “ruptura sin desprendimiento de fragmentos”.

El acristalamiento de las cajas de banco debe ejecutarse según las disposiciones de la mutua de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales responsable de los profesionales administrativos. Las soluciones técnicas que aparecen en la documentación informativa de dicha mutua no excluyen otras soluciones igualmente seguras.

Protección contra explosiones de bombas

Estos vidrios (según DIN EN 13123, con medidas máximas de 900 × 1.100 mm y fijadas en todos los lados por anclajes) deben construirse según sus certificados o, en caso contrario, deben comprobarse individualmente.

1. Peso de la unidad de vidrio: a mayor peso del vidrio, mayor su aislamiento acústico.
2. A mayor elasticidad del vidrio (p. ej., un compuesto con resina), mayor su aislamiento acústico.
3. Los grosores de los vidrios exteriores e interiores deben ser distintos; a mayor diferencia, mayor su aislamiento acústico.


Montaje asimétrico de los vidrios
Capa intermedia de resina líquida
Exterior
Relleno de gas
Interior
Espaciador de aluminio

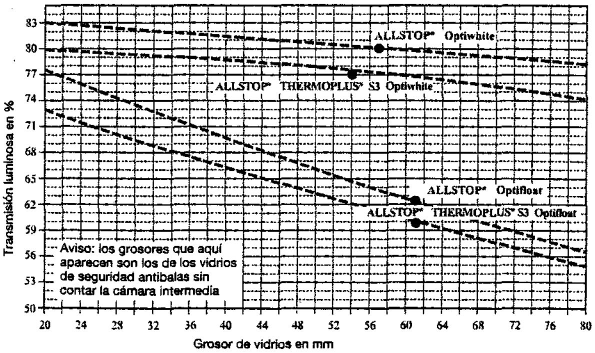
❶ Mejora de las cualidades acústicas del vidrio aislante

C	– Tráfico en carreteras – Tráfico de trenes de velocidad media y alta – Aviones a propulsión a corta distancia – Fábricas que emiten frecuencias medias y altas
C_{tr}	– Tráfico de trenes de baja velocidad – Aviones a hélice – Aviones a propulsión a grandes distancias – Música de discoteca – Fábricas que emiten frecuencias bajas y medias

❷ Valores de adecuación de C y C_{tr} para la medida de aislamiento acústico R_w en situaciones acústicas especiales, según DIN EN ISO 717-1
C100-5.000 y/o Ctr 100-5.000 simbolizan un espectro de frecuencia ampliado

Tipo	R_w (dB)	C	C_{tr}	C 100-5.000	C_{tr} 100-5.000	Construcción (mm)	Grosor (mm)	Peso kg/m²
28/37	37	- 2	- 5	- 1	- 5	8(16)4	28	30
30/38	38	- 2	- 6	- 1	- 6	10(16)4	30	35
28/38 V	38	- 2	- 6	- 1	- 6	4(16)8 VSG	28	30
30/38 X	38	- 2	- 6	- 1	- 6	4(16)10 VSG	30	35
30/38 V	38	- 3	- 7	- 2	- 7	6(16)8 VSG	30	35
29/39 L	39	- 1	- 5	0	- 5	4(16)8,8 L	29	30
32/40 V	40	- 2	- 6	- 1	- 6	6(16)10 VSG	32	40
31/41 L	41	- 3	- 7	- 2	- 7	6(16)8,8 L	31	35
33/42 L	42	- 3	- 7	- 2	- 7	8(16)8,8 L	33	40
33/43 L	43	- 3	- 7	- 2	- 7	8(16)9,1 L	33	40

❸ Valores de protección acústica y de corrección para vidrios Phonstop®. Valores U_g de Phonstop® TH-SN 1,2 W/m²K y Phonstop® TH S3 1,1 W/m²K según DIN EN 673 [06]



❹ Tabla con las clases de seguridad de vidrio antibalas con y sin vidrio blanco [06]

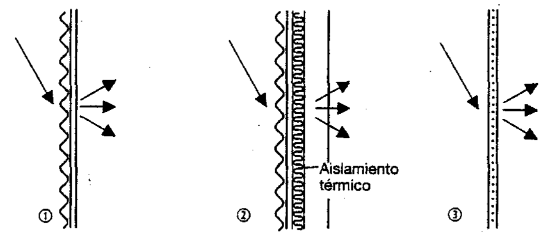
Vidrio de protección contra impactos DIN 52290-3 DIN 52290-4	DIN EN 356	Ventanas de protección contra impactos, puertas DIN V ENV 1627	según el reglamento alemán de seguridad de protección contra daños VdS	Caja UVV
A1	P2A	-	-	-
A2	P3A	-	-	P3A
A3	P4A	WK 2	EH01	-
-	P5A	WK 3	EH02	-
B1	P6B	Wk 3-4	EH1*	-
B2	P7B	WK 5	EH2*	P7B
B3	P8B	WK 6	EH3*	-

* Es necesaria la certificación de VdS.

❺ Clases de seguridad según el reglamento de las aseguradoras (esta tabla sirve solo como orientación). Deberán comprobarse los valores necesarios para cada caso

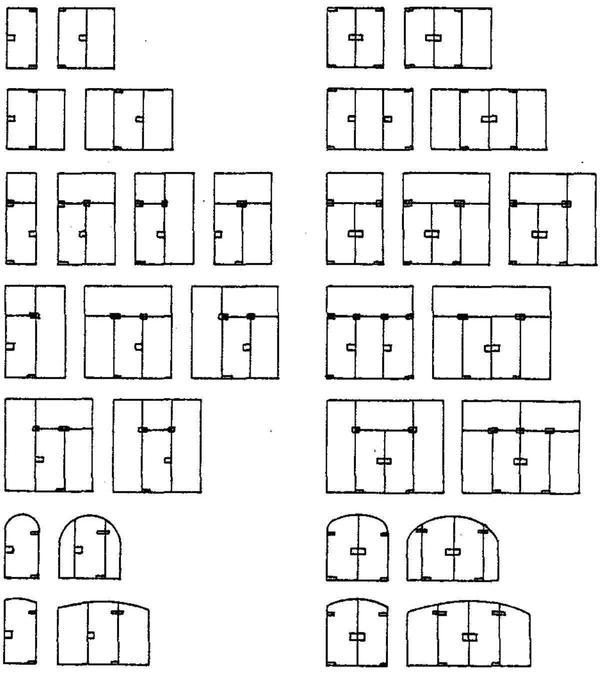
DIN EN ISO 717-1
DIN EN 356
DIN EN 1063
DIN EN 13123

DIN EN 410



① Superficies de vidrio fundido, p. ej., ornamentales
② Perfiles de vidrio fundido
③ Vidrio fundido con estructura amorfa, superficie áspera, transparente, translúcida

❶ Efecto refractor y distanciador luminoso de vidrios fundidos



❷ Puertas de vidrio de una hoja · Puertas de vidrio de dos hojas

Tipo de vidrio DELODUR®	Grosor de vidrio mm	Medidas máximas cm × cm	Tolerancia del grosor mm
Brillante, gris, bronce, Optiwhite	10 12	244 × 510 244 × 510	0,3 0,3
Verde	8 10	244 × 510 244 × 510	0,3 0,3
Struktur 200 Mastergläser	8 10	194 × 425 194 × 425	0,5 0,5
Bambú, chinchilla brillante/bronce	8	175 × 425	0,5

❸ Medidas máximas posibles por motivos de fabricación de vidrios templados de puertas de vidrio (paños superior y laterales) [06]

	Tamaño en 1/1 G mm × mm	Tamaño en 2/2 G mm × mm	Tamaño en 3/3 G mm × mm
Dimensión exterior máx. hoja estándar	709 × 1.972 709 × 2.097	834 × 1.972 834 × 2.097	959 × 1.972 959 × 2.097
Medida del marco	716 × 1.983 716 × 2.108	841 × 1.983 841 × 2.108	966 × 1.983 966 × 2.108
Dimensión del hueco	750 × 2.000 750 × 2.125	875 × 2.000 875 × 2.125	1.000 × 2.000 1.000 × 2.125

❹ Medidas de puertas de vidrio DIN 18 111 [06]

VIDRIO

VIDRIO ÓPTICO MODIFICABLE

Los vidrios que pueden cambiar sus capacidades de transmisión se clasifican en vidrios cambiantes y se fabrican de modo que reaccionan de forma automática a determinadas influencias (p. ej., vidrios termótropos). En los vidrios cambiantes siempre puede modificarse la transmisión lumínica cambiando el relleno de gas de la cámara intermedia o mediante corrientes eléctricas.

Vidrios termótropos

Estos vidrios compuestos reaccionan a los cambios de temperatura pasando de transparentes (transmisor lumínico) a opacos (refractor de luz). Esto ocurre gracias una mezcla de dos componentes con distintas características refractoras y diferentes ajustes de su estructura según la temperatura. En este caso se modifica la refracción (reversible) en la capa.

Vidrios electrocromáticos

En estos vidrios se modifica la transmisión mediante una tensión en la capa reactiva. En espacios interiores puede lograrse con cristales líquidos en la cámara intermedia entre los vidrios (las membranas de CL funcionan sin problemas entre – 40 y + 40 °C), mientras que otros sistemas utilizan cualidades de otros materiales mediante la toma y/o la entrega de iones (mediante una tensión) que modifican su transmisión lumínica y coloración. Estos vidrios son adecuados para acristalamientos exteriores.

VIDRIO FUNDIDO

Características

Se denomina vidrio fundido (fabricado por colada continua) a aquel en cuya fabricación mecánica la masa de vidrio fundido se hace pasar por unos rodillos que le dan la superficie de acabado final. Este vidrio no es totalmente transparente.

El vidrio fundido se utiliza en espacios donde no se desea tener transparencia (baños, sanitarios). Los ornamentos de vidrio fundido se clasifican en: vidrio ornamental blanco y de color, vidrio crudo blanco, vidrio armado blanco y de color, y vidrio ornamental armado blanco y de color. Los vidrios armados ya no se clasifican como vidrios de seguridad. Se aceptan excepciones si se utilizan en tragaluces.

La mayor parte de los vidrios fundidos pueden fabricarse como vidrio templado, laminado y aislante. Por lo general, la cara impresa queda al exterior para asegurar bordes sin defectos. Por motivos de facilidad en la limpieza, en el caso de vidrio fundido con poca estructura se puede ubicar el lado impreso como capa intermedia. El vidrio fundido de color no puede combinarse con vidrio de color flotado, templado y laminado, ni tampoco con vidrios recubiertos para aislamiento térmico o protección solar.

PUERTAS VIDRIADAS

Puertas completamente acristaladas

Tamaños de las puertas según las medidas para bastidores DIN 18111 "Marcos de acero para puertas ensambladas de madera" → ❹; pueden instalarse en cualquier bastidor fabricado según esta norma. Las puertas se componen de vidrios templados. En caso de rotura, el vidrio se descompone en pequeños fragmentos sueltos. Por razones estructurales, el grosor normal es de 10-12 mm. En el mercado hay vidrios fundidos impresos, vidrios templados flotados o laminados aptos para la impresión gráfica y vidrios laminados (la parte imprimible es la membrana).

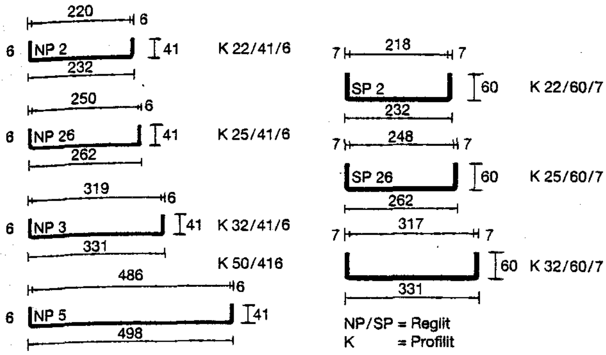
Las puertas completamente acristaladas se componen de una o más puertas de vidrio, paños laterales y superiores. Otras posibilidades: puertas correderas, plegables y con formas circulares. Se suministran en diversos colores y con diferentes marcos, en medidas estándar y especiales.

VIDRIO

PERFIL AUTOPORTANTE DE VIDRIO (U-GLAS)

U-glas es un tipo de vidrio colado fabricado con una sección en forma de U. Es translúcido, tiene su cara exterior impresa (Ornament 504) y cuenta con los distintivos de calidad de los vidrios colados. Apenas requiere mantenimiento. También puede emplearse para construir lucernarios y cajas de ascensor. Evita el deslumbramiento en el interior. Tipos especiales: Profilit-Bronce, Cascade, Topas, Amethyst. Los vidrios aislantes Regilit y Profilit "Plus 1,7" recubiertos con una capa de metálica alcanzan un coeficiente de transmisión de calor de 1,8 W/m²K.

Vidrio con control solar: tipos R-Ambar/ P-Antisol, ofrecen protección a los objetos sensibles al reflejar o absorber los rayos ultravioleta e infrarrojos. Reduce la transmisión de energía solar y disminuye el calentamiento producido en los acristalamientos sin reducir la transmisión luminosa. En instalaciones deportivas con riesgo de impacto de balones es preciso usar siempre Regilit SP2 o Profilit – K22/60/7 sin armadura (Seguridad al impacto de balones DIN 18 032). Regilit y Profilit presentan una resistencia al fuego PF30 según DIN 4102. Existen también perfiles normales y especiales con armado longitudinal de alambre.


220
6
6
NP 2
41
K 22/41/6
232
250
6
6
NP 26
41
K 25/41/6
262
319
6
6
NP 3
41
K 32/41/6
331
K 50/416
486
6
6
NP 5
41
498
7
218
7
SP 2
60
K 22/60/7
232
7
248
7
SP 26
60
K 25/60/7
262
7
317
7
60
K 32/60/7
331

NP/SP = Reglit
K = Profilit

❶ U-glas – Secciones transversales según DIN EN 572-7

Altura de la parte superior del hueco sobre la cota del terreno		I			II			III	
	hasta 8 m	hasta 20 m	hasta 100 m	hasta 8 m	hasta 20 m	hasta 100 m	hasta 8 m	hasta 20 m	hasta 100 m
Tipo de vidrio → ❶	L*	L*	L*	L*	L*	L*	L*	L*	L*
NP 2 K 22/41/6	2,67	2,11	1,8	3,19	2,52	2,15	3,77	2,98	2,55
NP 26 K 25/41/6	2,53	2	1,7	3,02	2,39	2,03	3,57	2,82	2,41
NP 3 K 32/41/6	2,27	1,8	1,53	2,72	2,15	1,83	3,21	2,54	2,17
NP 5 K 50/41/6	1,88	1,49	1,27	2,25	1,78	1,52	2,66	2,11	1,8
SP 2 K 22/60/7	4,22	3,33	2,84	5,04	3,98	3,4	5,96	4,71	4,02
SP 26 K 25/60/7	3,99	3,16	2,69	4,77	3,77	3,22	5,65	4,46	3,81
K 32/60/7	3,59	2,84	2,42	4,29	3,39	2,89	5,08	4,02	3,43

❷ Edificio (0,8 ·1,25 · g)

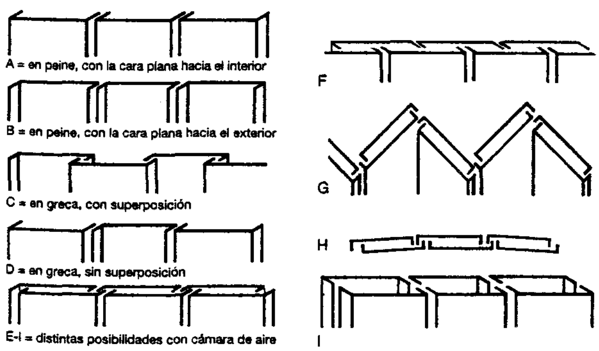
Altura de la parte superior del hueco sobre la cota del terreno	h/a = 0,25; - (1,5 · q)						H/a = 0,5; - (1,7 · q)					
	hasta 8 m	hasta 20 m	hasta 100 m	hasta 8 m	hasta 20 m	hasta 100 m	hasta 8 m	hasta 20 m	hasta 100 m	hasta 8 m	hasta 20 m	hasta 100 m
Glastyp → ❶	L*	L*	L*	L*	L*	L*	L*	L*	L*	L*	L*	L*
NP 2 K 22/41/6	2,18	1,72	1,47	3,08	2,44	2,08	2,05	1,62	1,38	2,9	2,29	1,95
NP 26 K 25/41/6	2,06	1,63	1,39	2,92	2,31	1,97	1,94	1,53	1,31	2,74	2,17	1,85
NP 3 K 32/41/6	1,85	1,47	1,25	2,62	2,07	1,77	1,74	1,38	1,17	2,46	1,95	1,66
NP 5 K 50/41/6	1,54	1,22	1,04	2,17	1,72	1,47	1,44	1,14	0,97	2,04	1,61	1,38
SP 2 K 22/60/7	3,44	2,72	2,32	4,87	3,85	3,28	3,23	2,56	2,18	4,57	3,62	3,08
SP 26 K 25/60/7	3,26	2,58	2,2	4,61	3,64	3,11	3,06	2,42	2,06	4,33	3,42	2,92
K 32/60/7	2,93	2,32	1,98	4,15	3,28	2,8	2,76	2,18	1,86	3,9	3,08	2,63

L* = Longitud de los perfiles (en m)

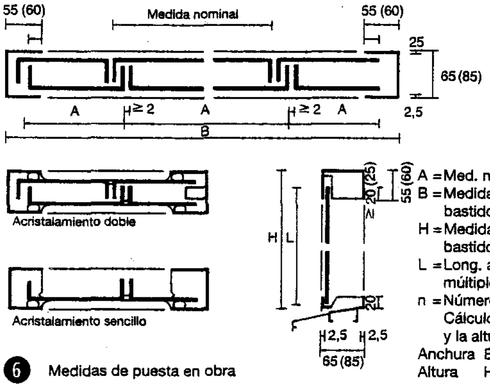
❸ Construcciones abiertas

Transmisión luminosa:	Acristalamiento simple	Hasta 89 %
	Acristalamiento doble	Hasta 75 %
Aislamiento acústico	Acristalamiento simple	Hasta 29 dB
	Acristalamiento doble	Hasta 41 dB
	Acristalamiento triple	Hasta 55 dB
Aislamiento acústico	Acristalamiento simple	U = 5,6 W/m²K
	Acristalamiento doble	NP U = 2,8 W/m²K
		SP U = 2,7 W/m²K

❹ Datos físicos


A = en peine, con la cara plana hacia el interior
B = en peine, con la cara plana hacia el exterior
C = en greca, con superposición
D = en greca, sin superposición
E-I = distintas posibilidades con cámara de aire
F
G
H
I

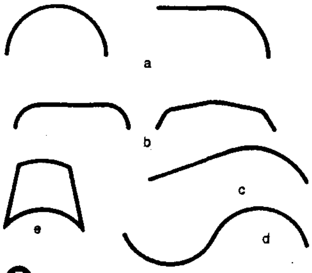
❺ Posibilidades de puesta en obra


55 (60)
Medida nominal
55 (60)
25
65 (85)
A
≥ 2
A
≥ 2
A
2,5
B
Acristalamiento doble
Acristalamiento sencillo
H
L
20 (25)
55 (60)
20
20
2,5
2,5
65 (85)

A = Med. nom. + junta
B = Medida exterior del bastidor (anchura)
H = Medida exterior del bastidor (altura)
L = Long. acristalam. = múltiplo de 25 cm
n = Número de perfiles
Cálculo de la anchura y la altura;
Anchura B = n · A + 5 cm;
Altura H = L + 4 cm

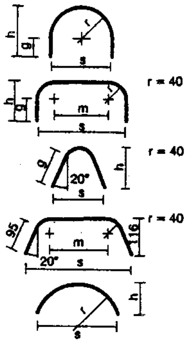
❻ Medidas de puesta en obra

Vidrio curvo



a) Formas curvas con o sin extremos rectos.
b) Formas con doble curvatura de igual o distinto radio.
c) Formas cónicas.
d) Curvatura en forma de S.
e) Curvaturas en forma de U o similares con o sin tramos rectos.

❼ Formas curvas


h
g
r
s
r = 40
h
g
m
s
r = 40
g
20°
s
h
r = 40
95
m
20°
s
116
h
s

s	r	g	h	Desarrollo
80-300	40-150	0-100	40-190	126-501

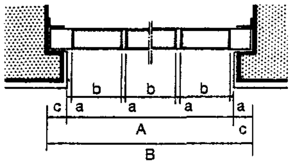
s	m	g	h	Desarrollo
100-340	20-260	0-100	40-140	146-506

s	g	h		Desarrollo
80-200	7-183	33-200		112-464

s	m			Desarrollo
160-340	20-200			308-488

s	h	R		Desarrollo
140-300	60-100	71-163		202-382

❽ Curvaturas posibles (en mm)

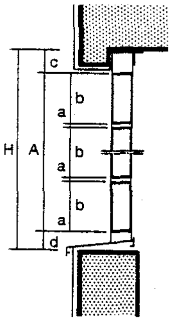


$A = n_1 \cdot b + n_2 \cdot a$
$B = A + 2 \cdot c$
$H = A + c + d$

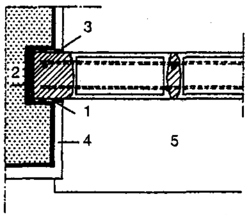
n_1 = número de piezas (b)
n_2 = número de juntas (a)

c = 8,5 cm
d = 6,5 cm

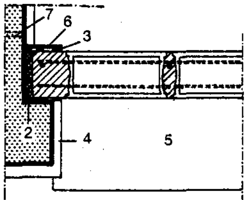
Fórmulas para la obtención del tamaño mínimo del hueco



❶ Sistema de medidas para la puesta en obra del pavés

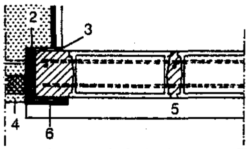


Montaje en una acanaladura perimetral



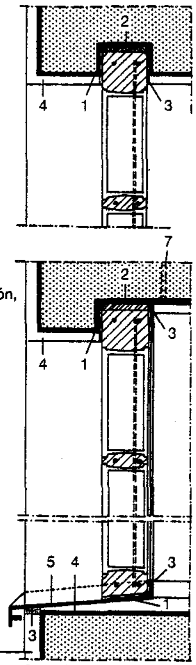
Montaje de un retranqueo interior

1 Junta de deslizamiento
2 Junta de dilatación, p. ej., espuma rígida
3 Junta elástica
4 Revoco
5 Vierteaguas de aluminio
6 Perfil de sujeción en L
7 Anclaje o taco



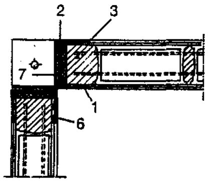
Montaje a ras de fachada con perfil en L

Planta



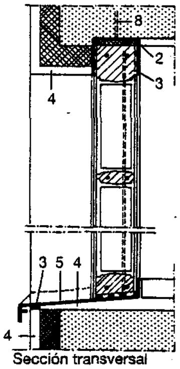
Sección transversal

❷ Propuestas de detalles constructivos



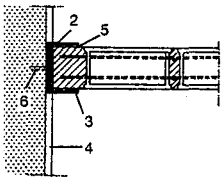
Detalle de esquina en planta

1 Junta de deslizamiento
2 Junta de dilatación, p. ej., espuma rígida
3 Junta elástica
4 Revoco
5 Vierteaguas de aluminio
6 Perfil metálico en U
7 Perfil metálico en L
8 Anclaje o taco



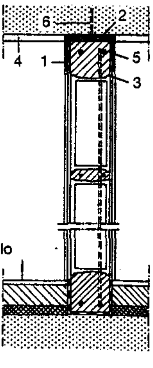
Sección transversal

❸ Montaje con perfil en U y aislamiento térmico exterior



Planta

1 Junta de deslizamiento
2 Junta de dilatación, p. ej., espuma rígida
3 Junta elástica
4 Revoco
5 Perfil de sujeción en L
6 Anclaje o taco

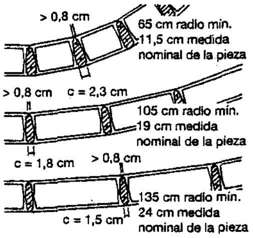


Suelo

Sección

❹ Encuentro con pared interior con perfiles en U

Se denomina pavés a elementos huecos de vidrio compuestos por dos láminas que se funden en una prensa. La cámara intermedia generada en este proceso es estanca al aire. Ambas caras pueden presentar superficies diversas, desde planas y transparentes hasta ornamentales y casi opacas. Las piezas de pavés se fabrican en diferentes tamaños, sin recubrir, recubiertas en su cara interior o exterior o a partir de una masa de vidrio pigmentada. Este material encuentra aplicación tanto en exteriores como interiores, p. ej., en paramentos permeables a la luz (también en gimnasios), ventanas, bandas de iluminación, antepechos de balcones y mamparas en terrazas. Resistencia al fuego de PF-60 o incluso PF-120, si el muro es doble y la superficie máxima de cada paño de pavés no rebasa 3,5 m² (ya sea vertical u horizontal). En DIN 4242 se contemplan las directrices para la colocación del pavés en elementos constructivos. Estos no pueden soportar cargas. Propiedades: buen aislamiento acústico y térmico, alto grado de transmisión luminosa (hasta 82 %), según la decoración desde transparente a traslúcido, dispersa la luz y no produce deslumbramientos, elevada resistencia a impactos. Aislamiento térmico de una pared de pavés: con mortero de cemento coeficiente U = 3,2 W/m²K, con mortero ligero U = 2,9 W/m²K, con pavés especiales hasta U_g = 1,5 W/m²K.



Radio mínimo R para piezas de 8 cm de grosor
Juntas < 1 cm no pueden armarse

Medida nominal de la pieza	11,5 cm	19 cm	24 cm
Anchura de junta c de 1,5 cm	200 cm	295 cm	370 cm
Anchura de junta c de 1,8 cm	95 cm	180 cm	215 cm
Anchura de junta c de 2,3 cm	65 cm	105 cm	135 cm

❺ Radio mínimo en paredes de pavés

▦	Dimensiones en mm	Peso en kg	Piezas por m²	Piezas por unidad	Palés
▦	115 × 115 × 80	1	64	10	1.000
▦	146 × 146 × 98 6" × 6" × 4"	1,8	42	8	512
▦	190 × 190 × 50	2	25	14	504
▦	190 × 190 × 80	2,3	25	10	360
▦	190 × 190 × 100	2,8	25	8	288
▦	197 × 197 × 98 8" × 8" × 4"	3	25	8	288
▦	240 × 115 × 80	2,1	32	10	500
▦	240 × 240 × 80	3,9	16	5	250
▦	300 × 300 × 100	7	10	4	128

❻ Dimensiones de elementos de pavés

Paredes de pavés sin armar

Aquellas paredes de pavés que cumplan las condiciones de la tabla → ❼ pueden construirse sin armadura. Para el armado de los bordes, considerar DIN 4242.

Disposición de las juntas	Grosor mm	Dimensión de la pared Lado menor m	Lado mayor m	Cargas de viento kN/m²
En retícula	≥ 80	≤ 1,5	≥ 1,5	≤ 0,8
Trabadas			≤ 6	

❼ Condiciones reglamentarias para paredes de pavés sin armar

Formato de las piezas mm	Índice de aislam. acúst. IAA	Grado de aislam. acúst. obtenido
190 × 190 × 80	- 12 dB	40 dB
240 × 240 × 80	- 10 dB	42 dB
240 × 115 × 80	- 7 dB	45 dB
300 × 300 × 100	- 11 dB	41 dB
Muro doble con 240 × 240 × 80	- 2 dB	50 dB

❶ Superficies de vidrio moldeado

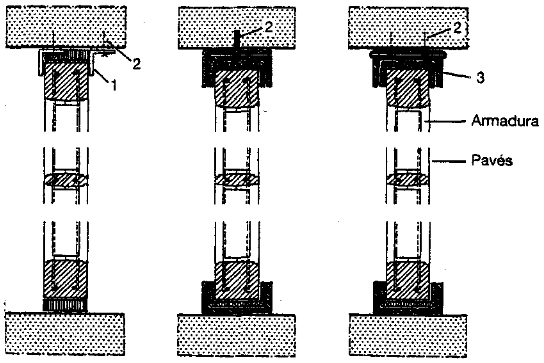
Clase de aislamiento acústico	R_w	alcanzable con ventanas de pavés en muros de
6	50 dB	doble hoja
5	45-49 dB	una hoja
4	40-44 dB	una hoja
3	35-39 dB	una hoja
2	30-34 dB	una hoja
1	25-29 dB	una hoja
0	25 dB	una hoja

❷ Clasificación de aislamiento acústico según la norma alemana VDI 2719 para ventanas

	Tipo de estancia	Valores permitidos de nivel de ruido exterior filtrado al interior	
		Nivel medio*	Nivel máximo medio
1	Salas de estar en apartamentos, dormitorios de hotel, dormitorios de hospitales y sanatorios	día 30-40 dB (A) noche 20-30 dB (A)	día 40-50 dB (A) noche 30-40 dB (A)
2	Aulas, despachos individuales, laboratorios de investigación, bibliotecas, salas de conferencia, salas de consulta médica, iglesias	30-40 dB (A)	40-50 dB (A)
3	Despachos colectivos	35-45 dB (A)	45-55 dB (A)
4	Despachos colectivos de gran tamaño, restaurantes, tiendas, zona de taquillas	40-50 dB (A)	50-60 dB (A)
5	Vest., grandes de espera, naves de producc.	45-55 dB (A)	55-65 dB (A)
6	Operas, teatros, cines	25 dB (A)	35 dB (A)
7	Estudios de grabación	Considerar medidas especiales	

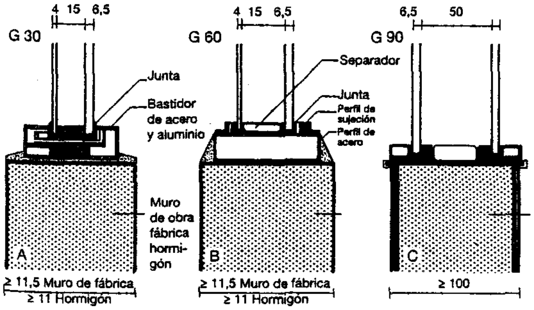
* nivel de ruido continuado equivalente para los ruidos producidos por el tráfico aéreo

❸ Niveles de aislamiento necesarios en diferentes estancias, Directrices VDI 2719 (VDI, Verband der Deutsche Ingenieure: Asociación de los Ingenieros Alemanes)



1 Angular de acero 50 × 55 mm
Longitud ≥ 100 mm, mín. de 4 bloques/paño de vidrio
2 Robiones y tornillos M 10 permitidos en construcciones resistentes al fuego
3 Pletina de acero para afianzar la pared de pavés (soldadura)

❹ Detalles constructivos para el montaje del vidrio resistente al fuego



❺ Acristalamiento PF

Aislamiento acústico

Solo con su peso propio, una pared de pavés con
1 kN/m² con pavés de 80 mm
1,25 kN/m² con pavés de 100 mm
1,42 kN/m² con pavés especial BSH
consigue un grado de aislamiento acústico muy bueno. Las partes del edificio contiguas deben tener también un aislamiento acústico óptimo. Las construcciones de pavés son una estupenda solución ante exigencias elevadas de protección acústica. Una solución económica en estos casos consiste en realizar el hueco de luz con pavés y reducir al máximo los huecos para ventilación y las salidas de emergencia.

Conviene tener presente DIN 4109: aislamiento acústico para edificación en altura. Los índices de aislamiento acústico estimados R_W se recogen en DIN 52 210 → ❶.

R_W = IAA + 52 dB (IAA = Índice de aislamiento acústico).

Las construcciones con una sola capa de pavés cubren las exigencias de grupo 5 ab de aislamiento acústico → ❷.

Pavés con armadura de acero DIN EN 1051

Como cualquier otro muro de pavés, los que cuentan con protección contra incendios pueden construirse con o sin perfil U; el resto de uniones son idénticas. Por motivos de la gran dilatación lineal que se produce en caso de incendio, y por la salida de gases producidos por el humo, el pavés lleva incorporado en todas sus caras unas placas de fibra mineral (lana de roca) → ❹. Según los fabricantes, pueden alcanzarse resistencias al fuego de PF120 y/o PF60.

DIN 4102

VIDRIO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El vidrio normal puede emplearse de forma restringida en ámbitos de protección contra incendios. Cuando se produce un fuego, el foco de calor puntual hace explotar las lunas de vidrio flotado en un breve espacio de tiempo. Con el uso creciente del vidrio para fachadas, antepechos y paramentos de la edificación en altura, han aumentado también los riegos en caso de incendio. Para la concesión de la licencia de obra es preciso que los elementos constructivos más expuestos cumplan los requisitos de resistencia al fuego establecidos en DIN 4102. En esta norma se definen los siguientes grados de resistencia:
PF30, PF60, PF90, PF120, PF180
EF30, EF60, EF 90, EF 120, EF 180
CF30, CF60, CF90, CF120, CF180
Vidrios parallamas EF.

Los vidrios PF tienen que resistir la propagación de llamas y gases durante un tiempo determinado (p. ej., PF30 = 30 minutos). Cada acristalamiento PF debe contar con una autorización oficial antes de ser ejecutado.

Existen tres posibilidades de fabricación del vidrio parallamas:
— vidrio armado con malla soldada en los puntos de encuentro, máx. hasta PF60/PF90.
— combinación especial de seguridad de una hoja con vidrio aislante.
— vidrio borosilicato plano pretensado, como, p. ej., Pyran®.

Además de ser estancos al humo y no permitir la propagación del fuego, los vidrios PF deben evitar la transmisión de radiación producida por el calor. En este caso sirven los vidrios compuestos especiales con una capa de gel, que se transforma en espuma, o mediante un efecto de volatilización pueden absorber la energía y así evitar la transmisión de la radiación que de otro modo atravesaría el vidrio. Tanto el vidrio como sus uniones con el marco de la ventana y los elementos de la construcción deben ser aprobados por la dirección de obras.

La protección contra incendios puede evaluarse solo en conjunto con el resto de los elementos de la construcción afines. Véase: Protección contra incendios → pág. 520 y ss.